

**BUNDEREPUBLIK DEUTSCHLAND**

Rec'd PCT/PTO 11 JAN 2005

10/520860

\*2)

11.07.03

PET EP 03/07620



REC'D 28 AUG 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Gebrauchsmusteranmeldung**

**Aktenzeichen:** 202 11 612.3

**Anmeldetag:** 12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** 4D-Vision GmbH, Jena/DE

**Bezeichnung:** Autostereoskopische Projektionsanordnung

**IPC:** G 02 B 27/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 25. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

HciB

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

u.Z.: GM 3DProjektion0702

Jena, 12. Juli 2002

**4D-Vision GmbH**  
**Löbstedter Straße 101**  
**07749 Jena**

\* \* \*  
**Autostereoskopische Projektionsanordnung**  
\* \* \*

## **Autostereoskopische Projektionsanordnung**

Die Erfindung bezieht sich auf autostereoskopische Projektionsanordnungen.

Eine derartige Anordnung ist beispielsweise in der DE 206474 beschrieben. Diese Schrift offenbart einen Projektionsschirm, der in Betrachtungsrichtung vor und hinter einer Mattscheibe über jeweils ein Linienraster verfügt. Die Linienraster enthalten schmale, vertikal ausgerichtete, wechselweise opake und transparente Linien, durch die rückseitig ein Stereobildpaar projiziert wird. Der bzw. die Betrachter schauen auf der Frontseite durch ein Linienraster hindurch und erleben einen räumlichen Seheindruck, da den Betrachteraugen jeweils unterschiedliche Perspektiven dargeboten werden. Nachteilig bei dieser Anordnung ist, daß leicht fehlerhafte Justagen der Linienraster bzw. der Mattscheibe zu unangenehmen Erscheinungen wie etwa Moiré-Effekten führen.

Die US 5,146,246 beschreibt eine Zweiansichtenprojektion. Bei dieser Anordnung bekommt jedes Betrachterauge im wesentlichen nur eine Ansicht dargeboten, entweder die rechte oder die linke. Auch hier ist wieder in Betrachtungsrichtung vor und hinter dem Projektionsschirm jeweils ein Linienraster, d.h. ein Barrierschirm angeordnet. Dieser Barrierschirm wird auch wieder als vertikale opake und transparente Streifen umfassend offenbart. Eine ähnliche Anordnung zeigt die US 5,225,861 des gleichen Erfinders. Hierbei handelt es sich um eine Rückprojektionssystem, welches jeweils ein linkes und ein rechtes Bild durch ein Raster mit opaken und transparenten Elementen projiziert, wobei den Betrachteraugen wegen eines weiteren Rasters mit opaken und transparenten Elementen jeweils im wesentlichen disjunkte Ansichten sichtbar sind. Die Schrift beschreibt ebenfalls vertikale opake und transparente Streifen als Rasterelemente.

Für die letztgenannten Schriften gilt wieder, daß die entsprechenden Anordnungen einen hohen Justageaufwand notwendig machen. Außerdem sind die zusätzlich beschriebenen Bildtrennmittel nur im wesentlichen für Systeme mit zwei dargestellten Ansichten geeignet, so daß dem bzw. den Betrachter(n) kaum Bewegungsfreiheit bei der stereoskopischen Wahrnehmung ermöglicht wird.

Die Offenlegungsschrift JP 9179090 beschreibt ein Rückprojektionssystem mit einem Lentikular, bei welchem mindestens zwei Ansichten einer Szenerie zeitmultiplex dargestellt

werden. Die Zuordnung der rückseitig projizierten Ansichten zu den Streifenabschnitten auf der Projektionsscheibe, welche zu den Abbildungsrichtungen der Lentikulare korrespondieren, geschieht über steuerbare Flüssigkristallabschnitte. Diese Abschnitte sind entweder transparent oder streuend geschaltet, so daß entsprechend ihrem Zustand jeweils eine Ansicht durch die Lentikulare in stets eine oder mehrere definierte Richtungen abgebildet wird. Von Nachteil ist bei dieser Anordnung zunächst der hohe materielle Aufwand. Vor allem ist ein hohes Maß an Ansteuerelektronik erforderlich. Fernerhin wird trotz der in voller Auflösung zeitmultiplex dargestellten Ansichten für den Betrachter jeweils nur ein Bild in verminderter horizontaler Auflösung pro Auge sichtbar. Die Anordnung erfordert zur flimmerfreien Darstellung überdies schnelle Projektionsbildgeber. Die Bildwiederholrate dieser Bildgeber muß um so höher sein, je mehr Ansichten zur Darstellung kommen sollen, was die Anordnungen zusätzlich verteuert.

Die US 4,101,210 und die US 4,132,468 beschreiben eine Stereoprojektion für mehrere Ansichten einer Szenerie, wobei auf Grund der Abbildungsmaßnahmen auf einem Schirm (z.B. einer Emulsion) ununterbrochene und einander nicht überlappende, linienförmig strukturierte Rasterbilder mehrerer Ansichten gebildet werden. Diese Rasterbilder weisen quasi keine Lücken auf, d.h. die Ansichtenanteile werden dicht nebeneinander abgebildet. Die besagten Abbildungsmaßnahmen umfassen insbesondere die Verwendung von Linsenrastern in Kombination mit Lentikularen.

In der Schrift DE 3529819 C2 wird eine Projektion mehrerer Ansichten durch ein Lentikular hindurch beschrieben. Bei dieser Anordnung werden zur Projektion der Ansichtenstreifen unter jede einzelne Zylinderlinse die jeweils benachbarten Zylinderlinsen benutzt. Der Vorteil dabei ist, daß die Projektorengehäuse nicht besonders schmal sein müssen, um die korrekte Ansichtenkombination auf dem Projektionsschirm zu erzielen. Nachteilig ist hier, daß – insbesondere bei großen Schirmdurchmessern – großformatige Lentikulare benötigt werden.

Die DE 19608305 A1 offenbart ein Rückprojektionssystem, wobei zwei Ansichten durch vertikale Barrierestreifen auf einen Schirm projiziert werden. Das entstehende Rasterbild aus den zwei Ansichten wird hernach vom Betrachter durch einen Barrierschirm derart sichtbar gemacht, daß die Betrachteraugen jeweils unterschiedliche Ansichten sehen, wodurch ein räumlicher Eindruck entsteht. Die Anordnung ist gekennzeichnet durch einen Verschiebemechanismus, der den betrachterseitigen Barrierschirm augenpositionsabhängig

verschiebt. Hierbei ist von Nachteil, daß zum einen lediglich zwei Ansichten einer Szenerie zum Einsatz kommen. Fernerhin besitzt der Regelkreis zum Ermitteln der Augenposition und entsprechenden Verschieben des betrachterseitigen Barriereschirmes eine gewisse Trägheit, wodurch der Betrachter mitunter ein pseudoskopisches Bild wahrnimmt. Die Anordnung ist in regelhaften Ausprägungen für lediglich einen Betrachter geeignet.

Eine Projektionseinrichtung mit Lentikular ist in der DE 3700525 A1 dargestellt. Bei dieser Anordnung ist die Projektionsfläche gekrümmt. Nachteilig ist dabei unter anderem der hohe Platzbedarf bei großformatigen Bildschirmen.

Die WO 98/43441 A1 beschreibt ein dynamisches Mehransichtenprojektionssystem mit Shuttern. Nachteilig ist hierbei vor allem der hohe Aufwand bei der Herstellung der Anordnung.

In der US 2,313,947 wird ein Mehransichtenprojektion mit zwei Barriereschirmen, welche vertikale Barrierestreifen umfassen, offenbart. Auch die Schrift US 2,307,276 beschreibt eine Mehransichtenprojektion mit Barriereschirmen unter Verwendung von vertikalen Barrierestreifen, wobei charakteristisch zwischen den entstehenden Ansichtenstreifen auf dem Schirm eine bestimmte Streifenbreite dunkel bleibt. Dadurch werden pseudoskopische und Doppelbildpositionen weitestgehend vermieden.

Die US 4,872,750 beschreibt ein Rückprojektionssystem mit rückseitigem Barriereschirm, wobei Farbbilder durch das Überlappen von separaten R-,G-,B- Projektionen erzielt werden. Zur räumlichen Rekonstruktion werden hier bevorzugt Lentikulare eingesetzt. Nachteilig ist hier der hohe apparative Aufwand.

Die Patenschrift DE 195 06 648 kritisiert am Stand der Technik der 3D-Darstellung die sprunghafte Änderung der Perspektive bei einer Betrachterbewegung, welche wegen der diskreten Anzahl der dargestellten Ansichten auftritt. Es wird eine autostereoskopische Anordnung zur Vermeidung dieser Nachteile beschrieben, bei der mehrere Ansichten in beobachtbaren Zonen dargestellt werden, so daß Überlappungsbereiche zwischen den Beobachtungszonen erzeugt werden und so daß die Beleuchtungsintensität der einzelnen Beobachtungszonen an den Rändern reduziert ist. Als optische Abbildungseinrichtungen werden u.a. Aperturblenden beschrieben, die in einem Übergangsbereich jeweils sich

überlappende Beobachtungszonen zweier Ansichten erzeugen. Das dieser Anmeldung zu Grunde liegende Prinzip erfordert einen hohen technischen Aufwand, insofern 3D-Bilder mit größeren Abmessungen gefordert werden.

In der DE 10003326 C2 der Anmelderin werden autostereoskopische Verfahren und entsprechende Anordnungen beschrieben, bei denen der hilfsmittelfrei räumliche Eindruck für mehrere Betrachter vermöge eines Wellenlängenfilterarrays erzeugt wird. Das Filterarray, welches sich vor oder hinter einem Bildgeber befindet, besteht aus einer Vielzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten Wellenlängenfiltern, die jeweils für Licht bestimmter Transparenzwellenlängen/-bereiche transparent sind und somit diskrete wellenlängenabhängige Lichtausbreitungsrichtungen für das von dem Bildgeber ausgesandte Licht vorgeben. Auf dem Bildgeber mit in Zeilen und Spalten eingeteilten Bildelementen wird ein aus mehreren Ansichten einer Szene oder eines Gegenstandes zusammengesetztes Bild dargestellt, so daß auf Grund des Filterarrays ein Betrachter mit beiden Augen überwiegend unterschiedliche Auswahlen von Ansichten sieht. Als Nachteil stellt sich hierbei heraus, daß Großbildprojektionen nicht ohne weiteres zu realisieren sind.

Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, Anordnungen der eingangs genannten Art in einer Weise weiterzubilden, daß eine verbesserte Wahrnehmbarkeit auch bei größeren Bildabmessungen erreicht wird. Das Ziel soll bevorzugt mit einfachen bzw. einfach herstellbaren Baugruppen erreicht werden. Es soll fernerhin ein räumlicher Eindruck für mehrere Betrachter ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm,
- mindestens zwei Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ), wobei mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray ( $F_2$ ) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- alle Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,

- vermittelt der Projektoren Teilinformationen von  $n$  Ansichten  $A_k$  (mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten  $A_k$  wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray ( $F_2$ ), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays ( $F_2$ ) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays ( $F_2$ ) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Vorteilhaft kommen insgesamt 2, 4, 8, 16, 32 oder 40 Projektoren zum Einsatz. Sehr gute räumliche Eindrücke mit guter Helligkeit für mehrere Betrachter bei gleichzeitig angenehmer Bewegungsfreiheit werden ab etwa 8 dargestellten Ansichten erzielt, wobei hierzu vorzugsweise mindestens 8 Projektoren zur Ansichtenprojektion eingesetzt werden.

Bevorzugt kommen genau zwei Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) in der oben beschriebenen Anordnung zum Einsatz. Besondere Ausgestaltungen, bei denen mehr als zwei Filterarrays von Vorteil sind, werden weiter unten beschrieben.

Die in den Wellenlängenfilterarrays enthaltenen Wellenlängenelemente können beispielsweise transparent für Rot, Grün, Blau, Gelbes, Zyan oder Magenta und/oder transparent oder opak für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sein.

Ferner weisen die Filterelemente der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen auf. In der Regel besitzt ein Filterelement eine Fläche von ca. wenigen  $10.000 \mu\text{m}^2$  bis zu einigen Quadratmillimetern. Abweichungen hiervon sind fallbedingt möglich. Dabei kann die Filterelementform und/oder -größe auch innerhalb eines Filterarrays oder sogar innerhalb einer Zeile oder Spalte ein- und desselben Filterarrays variieren.

Die Bildelementform auf dem Projektionsschirm hängt wesentlich von den projektorseitigen Filterarrays ab, so daß die vorstehend genannten Variationen der Filterelementform bzw. -größe essentiellen Einfluß auf die Bildelemente haben.

Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) kombinierte Bild weist -je nach der Struktur des/der Filterarrays und der geometrischen Anordnung der Projektoren- ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) auf. Diese Rasterstruktur ist nicht notwendigerweise sichtbar. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen - je nachdem, was für Licht von den Projektoren an den entsprechenden Stellen des Projektionsschirms ankommt. Abhängig von der Ausgestaltung der Erfindung können auch zwischen den Bildwiedergabeelementen geringfügige Teilflächen des Projektionsschirms ohne irgendeine Teilinformation irgendeiner Ansicht ( $A_k$ ) bleiben, etwa weil kein Licht irgendeines Projektors zu dieser Teilfläche gelangt. Solche Flächen sind dann nicht notwendigerweise als Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) im Raster ( $i, j$ ) zu betrachten. Derartige Anordnungen führen auch zum Ergebnis, sind aber nicht unbedingt zu bevorzugen.

Es ist auch denkbar, daß ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) vollfarbige Bildteilinformationen wiedergibt, die insbesondere aus einer optischen Mischung von Teilinformationen verschiedener Wellenlängen/-bereiche herrühren. Außerdem kann -ebenefalls in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur- ein solches Bildelement auch Teilinformationen gleichzeitig aus verschiedenen Bildelementpositionen innerhalb einer Ansicht oder gar aus verschiedenen Ansichten wiedergeben, etwa wenn sich die auf dem Projektionsschirm ankommenden Lichtstrahlen zweier oder mehrerer Projektoren überlagern.



Es ist von Vorteil, wenn jedes der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{Apq}$ ) in einem jeweils eigenen, filterarrayzugeordnetem Raster aus Zeilen ( $q_A$ ) und Spalten ( $p_A$ ) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ ihrem Transparenzwellenlängenbereich ( $\lambda_{Ab}$ ) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- ( $A$ ) dem Index des jeweiligen Arrays ( $F_A$ ).
- ( $p_A$ ) dem Index eines Wellenlängenfilters ( $\beta_{Apq}$ ) in einer Zeile des jeweiligen Arrays ( $F_A$ ),
- ( $q_A$ ) dem Index eines Wellenlängenfilter ( $\beta_{Apq}$ ) in einer Spalte des jeweiligen Arrays ( $F_A$ ),
- ( $b$ ) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter ( $\beta_{Apq}$ ) des Filterarrays ( $F_A$ ) an der Position ( $p_A, q_A$ ) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_{Ab}$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{Amax}$  haben kann,
- ( $n_{Am}$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl ( $n$ ) der von den Projektoren dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,
- ( $d_{Apq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem jeweiligen Array ( $F_A$ ) und
- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Die Matrix ( $d_{Apq}$ ) kann als Einträge reelle Zahlen besitzen, wobei in der obigen Gleichung ( $p_A$ ) dem Index ( $p$ ) und ( $q_A$ ) dem Index ( $q$ ) für die Matrix ( $d_{Apq}$ ) bzw. für die Filterelemente ( $\beta_{Apq}$ ) entspricht.

Es können für verschiedene ( $b$ ) auch Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_{Ab}$ ) gleichen Inhalts vorgegeben werden: Gilt beispielsweise  $b_{Amax}=8$ , können  $\lambda_{A1}$  bis  $\lambda_{A3}$  für R,G,B in dieser Reihenfolge und  $\lambda_{A4}$  bis  $\lambda_{A8}$  für Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichts stehen, wobei dann  $\lambda_{A1}$  bis  $\lambda_{A3}$  die Farben R,G,B transmittieren und  $\lambda_{A4}$  bis  $\lambda_{A8}$  das sichtbare Spektrum abblocken. Dann liefert die Kombinationsvorschrift für ein Filter ( $F_A$ ) mit dem Index ( $A$ ) und für die Parameter  $d_{Apq}=-1=const$  und  $n_{Am}=8$  eine Filterstruktur, die periodisch auf opakem Hintergrund schräge Streifen in den RGB-Farben erzeugt. Zwischen diesen farbigen Streifen bleiben jeweils fünf der Filterelemente in jeder Zeile opak. Der Winkel der Schrägstellung der farbigen Streifen hängt dabei von den Abmaßen der Filterelemente ( $\beta_{Apq}$ ) ab. Zu bevorzugen sind Ausgestaltungen der Erfindung, bei denen  $b_{Amax}$  und  $n_{Am}$  gleich groß sind.

In einer weiteren beispielhaften Ausgestaltung können wiederum mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_{Ab}$  die gleichen Filterwirkungen haben: Seien  $\lambda_{A1} \dots \lambda_{A7}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_{A8}$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $n_{Am}=8$  sowie  $d_{App}=-1=const$ , so ergibt sich nach der Vorschrift zur Erzeugung einer Filterstruktur ein im wesentlichen opakes Filterarray ( $F_A$ ), welches auf der Fläche gleichmäßig verteilte schräge, stufenförmige transparente Streifen beinhaltet, die etwa ein Achtel der gesamten Fläche einnehmen.

Es ist in diesem Zusammenhang weiterhin vorteilhaft, wenn mindestens zwei der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der entsprechenden Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten ( $A_k$ ) wahrnimmt. Der Fall, daß ein Betrachterauge Teilinformationen genau einer der Ansichten ( $A_k$ ) sieht, ist damit vollständig ausgeschlossen.

Außerdem bewirken derartige Eigenschaften der Filterarrays einen besonderen Effekt: Bei einer Betrachterbewegung kann sich -geeignete Anordnungsgeometrien vorausgesetzt- die Struktur einer mit einem Auge überwiegend gesehenen 2D-Ansicht ändern. So ist beispielsweise denkbar, daß ein Auge eines Betrachters an einer bestimmten Stelle im Betrachtungsraum zu 90% des wahrgenommenen Bildes Teilinformationen aus der Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) und einen Restgemisch von 10% des wahrgenommenen Bildes aus Teilinformationen anderer Ansichten ( $A_k$ ) mit  $k>1$  sieht, wobei die wahrgenommenen Teilinformationen der Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) eine Auflösung von beispielsweise 600x400 Bildelementen aufweisen. Unter den vorstehend genannten Voraussetzungen kann sich die wahrgenommene Struktur dieser überwiegend gesehenen Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) nun in einer anderen Betrachtungsposition so ändern, daß sie eine sichtbare Auflösung von beispielsweise 400x600 aufweist.

Mitunter kann die Filteranordnung so gewählt werden, daß die sichtbare Auflösung pro Ansicht verschieden von der eines einzelnen Projektors ist.

Für einige Anwendungsfälle kann es außerdem von Vorteil sein, wenn mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind. Beispielsweise können derartige Filterelemente das sichtbare Licht zu 0% (opak), 25%, 50%, 75% oder zu 100% (volltransparent) unabhängig von der Lichtwellenlängenlänge transmittieren. Derartige Neutralfilterelemente oder auch Graustufenfilterelemente sind unter Umständen günstiger herzustellen, als Wellenlängenfilterarrayelemente. Überdies lassen sich vermöge eines Filterarrays mit Neutralfilterelementen spezielle Effekte erzielen, wie etwa die Veränderung der wahrgenommenen Lichtintensität einer oder mehrerer Ansichten bei einer Betrachterbewegung.

Die Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) sind jeweils im Abstand ( $z_A$ ) in Betrachtungsrichtung vor oder hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Es nimmt ( $z_A$ ) jeweils Werte in der Größenordnung  $-60 \text{ mm} \leq z_A \leq 60 \text{ mm}$  an, wobei ein negativer Wert für ( $z_A$ ) die Anordnung in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm und ein positiver Wert für ( $z_A$ ) die Anordnung in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm jeweils im Abstand des Absolutbetrages von ( $z_A$ ) bedeutet. In Ausnahmefällen kann der Absolutbetrag von ( $z_A$ ) auch größere Werte als 60 mm annehmen, etwa wenn die Diagonale des Projektionsschirmes extrem groß ist.

In einer weiteren besonderen Ausgestaltung ist ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) -vorzugsweise des Filterarrays, welches dem/den Betrachter(n) am nächsten liegt- derart ausgebildet, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallrichtungen transmittieren. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Kristalle oder einer Polymerbeschichtung gewährleistet werden.

Fernerhin ist es denkbar, mindestens ein Filterelement mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma auszubilden, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können. Auf diese Weise wird eine vergleichsweise hohe Lichttransmission erreicht. Derartige Ausgestaltungen sind von besonderem Interesse im Bezug auf Systeme mit deutlich mehr als 8 dargestellten Ansichten.

Während in einfachen Ausgestaltungen der Erfindung jeder Projektor Teilinformationen lediglich einer einzelnen Ansicht ( $A_k$ ) projiziert, z.B. die 2D-Perspektivansichten der darzu-

stellenden Szenerie, kann es im Sinne der Erfindung vorteilhaft sein, wenn mindestens einer der mindestens zwei Projektoren ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten ( $A_k$ ) zusammengesetztes Kombinationsbild projiziert.

In Erweiterung dieses Merkmals bietet es mitunter Vorteile, wenn (mindestens jeweils) zwei Projektoren jeweils ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten ( $A_k$ ) zusammengesetztes Kombinationsbild projizieren und die Bildkombinationsstruktur der Ansichten ( $A_k$ ) für besagte zwei Projektoren unterschiedlich gewählt ist.

Zur Kombination von Teilinformationen mehrerer Ansichten wird auf die eingangs zitierte Schrift DE 10003326 C2 der Anmelderin verwiesen, in der eine Vorschrift zur allgemeinen Bildkombination gegeben ist, welche der hier verwandten Vorschrift zur Strukturierung der Filterarrays artverwandt ist.

In einigen Ausgestaltungen der Erfindung, etwa wenn mindestens einer der Projektoren unter einem bestimmtem Winkel auf den Projektionsschirm gerichtet ist, können die projizierten Teilinformationen der Ansichten unter Verwendung einer geeigneten Bildvorentzerrungsfunktion, z.B. einer Trapezkorrektur, projiziert werden. Moderne Projektoren bieten in diesem Zusammenhang bereits stufenlose „Scheimpflug-“ und/oder „Seagull-“ Korrekturen an; die der geometrischen Korrektur des projizierten Bildes dienen. Im Falle der Verwendung von Dias als Projektionsdaten können auch diese mit einer entsprechenden Vorab-Korrektur erstellt werden.

Besonders effizient im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung ist die erfindungsgemäße Anordnung dann, wenn die Ausrichtung und Struktur des/der Filterarray(s) zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm derart gewählt ist, daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes eine Teilinformation mindestens einer Ansicht ( $A_k$ ) abstrahlt. Diese vorteilhafte Ausgestaltung ist allerdings -wie weiter oben schon erwähnt- keine zwingende Bedingung zur Erhaltung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Anordnungen.

Der Projektionsschirm ist bevorzugt transluzent ausgebildet. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Transluzente und lichtkonzent-

trierende Projektionsschirme sind im Stand der Technik bekannt und bedürfen für den Fachmann daher keiner weiteren Erläuterung.

Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In vielen Ausgestaltungen der Erfindung wird der Projektionsschirm eine ebene Platte sein. Unter speziellen Voraussetzungen kann es dennoch vorteilhaft sein, den Projektionsschirm gekrümmt auszubilden. In diesem Falle empfiehlt es sich, auch die Filterarrays in entsprechendem Maße zu krümmen.

Generell wird für jeden Projektor eine separate Projektionsposition und Projektionsrichtung im Bezug auf den Projektionsschirm vorgegeben, wobei die jeweilige Projektionsrichtung und der jeweilige Projektionsabstand von Projektor zu Projektor bevorzugt unterschiedlich ist.

Im Zusammenspiel mit einem gekrümmten Projektionsschirm wird somit beispielsweise erreicht, daß das Licht der verschiedenen Projektoren im wesentlichen unter einem jeweils etwa gleichen Lichteinfallswinkel auf den Projektionsschirm trifft. Mit Lichteinfallswinkel ist hier der Winkel gemeint, unter dem die Lichthauptausbreitungsrichtung eines projizierten Bildes auf den Projektionsschirm auftritt.

Insofern sie sich alle Projektorenobjektive in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm befinden, soll diese Höhe bevorzugt etwa die Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes sein. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

Die Helligkeit eines oder mehrerer Projektoren kann mitunter -innerhalb festgelegter Grenzen- variabel verstellbar sein. Dies ist eine Eigenschaft, die von einigen modernen Projektoren dargeboten wird und hier zur gleichmäßigen Beaufschlagung des Projektionsschirmes ausgenutzt werden kann. Sollte beispielsweise eine dargestellte Ansicht einer Szenerie aus aufnahmetechnischen Gründen etwas heller sein, als die übrigen Ansichten, so bietet die Helligkeitsregulierung des entsprechenden Projektors hier eine suffiziente Abhelfemöglichkeit.

Als Projektoren kommen beispielsweise Flüssigkristallprojektoren, DLP/DMD-Projektoren, CRT-Projektoren oder Dia-Projektoren in Frage. Außerdem ist eine Laserprojektion mit z.B.

drei Lasern als separaten RGB-Bildgebern denkbar. Selbstverständlich können auch mehr als drei Laser eingesetzt werden.

Diese Aufzählung der einzusetzenden Projektorentypen kann noch ergänzt werden und bedeutet nicht, daß eine erfindungsgemäße Anordnung nicht auch mit andersartigen Projektoren ausgestaltet werden kann. Im übrigen können innerhalb erfindungsgemäßer Anordnungen auch gleichzeitig verschiedenegeartete Projektoren eingesetzt werden. Die Verschiedenheit kann sich dabei sowohl auf das Lichtmodulationsprinzip als auch auf einzelne Parameter, wie etwa Lichtstrom oder Bildauflösung, beziehen.

Die Projektoren werden in der Regel von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt.

Denkbar ist in diesem Zusammenhang eine Bilddatenquelle, die aus je einem Videorecorder pro Projektor besteht. Jeder Videorecorder speist den zugeordneten Projektor mit der Bildsequenz einer Ansicht ( $A_k$ ). Die Videorecorder sind über einen Trigger miteinander gekoppelt, so daß alle  $n$  Ansichten ( $A_k$ ) zeitlich synchronisiert dargestellt werden.

Es ist auch denkbar jeden Projektor mit einem eigenen Rechner anzusteuern, wobei auch hier wieder alle Rechner -etwa über eine Netzwerkverbindung- miteinander synchronisiert sind. Die Ausgestaltung unter Verwendung von Rechnern ermöglicht insbesondere den Anwendungsfall, daß mindestens ein Projektor Teilinformationen aus mindestens zwei verschiedenen Ansichten ( $A_k$ ) projiziert. Zur möglichen Kombination der Teilinformationen aus mindestens zwei verschiedenen Ansichten ( $A_k$ ) sei auch hier wieder auf die Schrift DE 10003326 C2 verwiesen.

Fernerhin können auch handelsübliche Split-Rechner zur Ansteuerung gleichzeitig mehrerer Projektoren eingesetzt werden.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, kann auf das Filterarray, welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht sein. Damit werden Fremdlichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes weiter verbessert wird.

Jedes der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) ist beispielsweise als belichtete Folie, als gedrucktes Bild oder als optisches Gitter ausgebildet. Weitere Herstellungsverfahren sind denkbar. Bevorzugt ist mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) auf ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden.

In einer anderen Ausgestaltung ist vorgesehen, daß mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) innerhalb einer Sandwich-Struktur bestehend aus mehreren Substraten angeordnet ist, wobei die Substrate optional jeweils bestimmte optische Eigenschaften -wie vorgegebene Brechungsindizes- aufweisen. Mit der Sandwich-Struktur wird ebenfalls ein guter mechanischer Halt in Verbindung mit einer langen Lebensdauer der Filterarrays erreicht.

Eine ganz spezielle Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich dadurch, daß sich auf Teilen mindestens eines Filterarrays eine spiegelnde Oberfläche befindet und diese spiegelnde Oberfläche jeweils auf der zu den Projektoren zeigenden Seite des/der Filterarrays und vorzugsweise nur auf den nicht-transparenten Filterelementen angeordnet ist, so daß ein Teil des projizierten Lichtes in die Projektoren zurückgeworfen wird. Ist der entsprechende Projektor in der Lage, derartiges Licht wiederzuverwenden („transflektive Projektion“), so kann ein besserer Lichtausnutzungsgrad erzielt werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) als Polarisationsfilter ausgebildet ist und daß mindestens einer der Projektoren polarisiertes Licht ausstrahlt. Dabei können die Polarisationsfilter beispielsweise transparent für horizontal oder vertikal linear polarisiertes Licht und optional gleichzeitig nur transparent für Licht bestimmter Wellenlängen/-bereiche sein. Auch eine Kombination aus wellenlängenunabhängigen Neutralfiltern und Polarisationsfiltereigenschaften ist in diesem Zusammenhang denkbar. Die polarisationsabhängig transmittierenden Filter lassen dabei nur das Licht derjenigen Projektoren passieren, deren Licht entsprechende Polarisationsseigenschaften aufweist.

Bei einer Erweiterung der vorgenannten Ausgestaltung strahlt der mindestens eine polarisierte Licht aussendende Projektor das Licht in zeitlich alternierender Polarisation, bevorzugt abwechselnd horizontal linear und vertikal linear polarisiert, ab. Damit wird eine zeitliche Veränderung der Struktur des auf dem Projektionsschirm entstehenden Kombinationsbildes erreicht.

Generell kann weiterhin mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) als photochrome oder elektrochrome optische Bauelemente ausgebildet sein. Damit kann eine Umschaltung zwischen 2D- und 3D-Projektion erzielt werden, nämlich wenn die photochromen bzw. elektrochromen Bauelemente in einem ersten Zustand die vorgegebene Wellenlängen/-bereichstransmission gestatten, um einen räumlichen

Eindruck zu erzeugen („3D-Modus“), während sie in einem zweiten Zustand weitestgehend transparent für quasi das ganze sichtbare Wellenlängenspektrum sind. In letzterem Zustand wird somit eine nahezu unbeeinflusste Projektion durch besagte Filterelemente hindurch auf den Projektionsschirm gewährleistet. Werden nun alle Filterelemente aller vorhandenen Filterarrays in diesen Zustand gebracht, so ist für den oder die Betrachter eine quasi vollauf lösende 2D-Wahrnehmung möglich. Während im 3D-Modus die Projektoren mindestens Teilinformationen zweier Ansichten projizieren, wird im 2D-Modus genau eine Ansicht dargestellt. Im einfachsten Fall projiziert dann lediglich ein Projektor eine Ansicht in üblicher Weise, wobei ggf. hier auch schon eine Bildentzerrungskorrektur eingesetzt wird. Um eine Helligkeitsverbesserung zu erzielen, können im 2D-Modus auch mehrere Projektoren ein- und dasselbe Bild auf den Projektionsschirm abstrahlen. Dabei ist allerdings darauf zu achten, daß die jeweiligen Projektorenbilder derart abgebildet werden, daß sich alle gleichartigen Ansichten einwandfrei auf dem Projektionsschirm überlagern.

Es ist ebenfalls möglich, andere optische Bauelemente also photochrome oder elektrochrome einzusetzen. Entscheidend und wesentlich im Sinne der Erfindungsausgestaltung für die Umschaltung zwischen einem 2D- und einem 3D-Modus ist, daß die optischen Bauelemente in einem ersten Zustand eine definierte Transparenz in bestimmten Wellenlängen/-bereichen oder ggf. in bestimmten Transmissionsgraden zur wellenlängenunabhängigen Schwächung der Lichtintensität aufweisen, während sie in einem zweiten Zustand eine möglichst hohe Transparenz für im wesentlichen das volle sichtbare Wellenlängenspektrum besitzen.

In einem besonders einfachen Fall, der keine elektrochromen Filterarrayelemente erfordert, werden die Filterarrays einfach von der erfindungsgemäßen Anordnung entfernt aus- gebildet, um eine 2D-Projektion zu erzielen.

Eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnungen sieht vor, daß mindestens einer der Projektoren mit einem Farbfilter verblendet ist, wodurch das von besagtem Projektor abgestrahlte Licht lediglich Wellenlängenfilter der entsprechenden Transparenzwellenlänge bzw. des entsprechenden Transparenzwellenlängenbereichs durchdringen kann. Dadurch wird es möglich, besondere Kombinationsstrukturen der Teilinformationen auf dem Projektionsschirm zu erzielen. Es kann dann -für spezielle Anwendungsfälle- auch bei einer Betrachterbewegung eine farbliche Veränderung der wahrgenommenen Ansichten erreicht werden.



Die Verblendung eines oder mehrerer Projektoren mit einem Farbfilter kann auch grundlegend anders umgesetzt werden, etwa bei DMD-Projektoren, welche zeitlich alternierend die roten, grünen und blauen Teilbilder eines Vollfarbbildes projizieren. Dann ist keine Verblendung nötig; vielmehr strahlt der Projektor funktionsinhärent alternierend Licht verschiedener Wellenlängenbereiche ab.

Außerdem können in wiederum besonderen Ausgestaltungen der Erfindung die Projektoren in mindestens zwei im wesentlichen horizontalen Reihen angeordnet werden. Damit kann zum einen erreicht werden, daß das entstehende Kombinationsbild auf dem Projektionsschirm in seiner Struktur beeinflußt wird. Zum anderen kann -insofern zwei mit ihrem Projektiv im wesentliche übereinander liegende Projektoren ein- und dasselbe Bild abstrahlen- eine Helligkeitserhöhung bestimmter Ansichten oder Ansichtenteile auf dem Kombinationsbild, welches sich auf dem Projektionsschirm ergibt, erreicht werden.

Auch ein räumlicher Versatz zwischen den zwei Reihen ist denkbar, etwa, um die Projektionsobjektive horizontal ungefähr im Augenabstand anzuordnen, obwohl die Projektorengehäuse deutlich breiter als ein Augenabstand sind.

Zur einfachen Handhabung verfügt die Anordnung optional über zusätzliche Mittel zur automatischen Ausrichtung der Projektoren, beispielsweise über elektromechanische Stellglieder. Die Projektoren werden dann nach oder während des Einschaltvorgangs in eine vorgegebene Position gebracht.

Die Synchronisation der Projektoren kann selbstverständlich auch bei Bedarf manuell durchgeführt werden. Hierzu dienen vorzugsweise projizierte Testbilder mit Referenzmarken, die aufeinander ausgerichtet werden.

Auch kann der Lichtweg des von mindestens einem Projektor abgestrahlten Lichtes durch die Verwendung mindestens eines Spiegels gefaltet sein. Faltungen sind fachmännisch übliche Maßnahmen insbesondere zur Platzersparnis in optischen Baugruppen.

Hier kann die Faltung jedoch noch einen weiteren vorteilhaften Effekt erbringen: Der gefaltete Strahlengang verursacht einen bezüglich der Lichthauptausbreitungsrichtung nicht-senkrechten Lichteinfall auf dem Projektionsschirm. Wird nun der Projektionsschirm als holographische Scheibe ausgebildet ist, die insbesondere nicht-senkrecht einfallendes Licht

konzentrierend transmittiert (wie z.B. das Produkt „HOPS“ der Sax3D GmbH/ Chemnitz), so wird auch bei Tageslicht ein brillantes und kontrastreiches 3D-Projektionsbild gezeigt.

Wie eingangs erwähnt können auch mehr als zwei Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) zum Einsatz kommen. Vorteilhaft kommen dann drei Filterarrays zum Einsatz, wobei sich vorzugsweise zwei zwischen dem Projektionsschirm und den Projektoren und eines zwischen dem Projektionsschirm und den Betrachtern befindet. In diesem Fall passiert das von den Projektoren abgestrahlte Licht zwei Filterarrays und wird daher besonders stark strukturiert, ehe es auf dem Projektionsschirm auftrifft.

In weiteren Ausgestaltungsvarianten können durchaus auch mehr als drei Filterarrays zum Einsatz kommen.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch die folgende Ausgestaltungsvariante einer autostereoskopischen Projektionsanordnung, in diesem Falle durch eine 3D-Frontprojektionsanordnung, gelöst. Diese umfaßt:

- mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm, geeignet zur Frontprojektion,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren angeordnet ist, wobei
- das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig - bevorzugt jedoch hochgradig- absorbieren,
- mittels der Projektoren Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,

- für das von dem Projektionsschirm projektionssseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Bei einer derartigen 3D-Frontprojektion befindet sich der/befinden sich die Betrachter auf der Seite der Projektoren, wobei sie sich regelhaft nicht in einem der Projektionsstrahlengänge aufhalten sollten, um keine Abschattungen hervorzurufen.

Die in den Wellenlängenfilterarrays enthaltenen Wellenlängenfilterelemente können auch in dieser Ausgestaltung beispielsweise transparent für Rot, Grün, Blau, Gelbes, Zyan oder Magenta und/oder transparent oder opak für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sein.

Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) kombinierte Bild weist -je nach der Struktur des Filterarrays und der geometrischen Anordnung der Projektoren- ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Diese Rasterstruktur ist nicht notwendigerweise sichtbar. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen- je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Es ist auch denkbar, daß ein Bildwiedergabeelement eine vollfarbige Bildteilinformation wiedergibt, die insbesondere aus einer optischen Mischung von Teilinformationen verschiedener Wellenlängen/-bereiche herrührt. Außerdem kann -ebenfalls in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur- ein solches Bildelement auch

Teilinformationen aus verschiedenen Bildelementpositionen innerhalb einer Ansicht ( $A_k$ ) oder gar aus verschiedenen Ansichten ( $A_k$ ) wiedergeben.

Es ist ferner von Vorteil, wenn das Filterarray Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{pq}$ ) in einem Raster aus Zeilen ( $q$ ) und Spalten ( $p$ ) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ ihrem Transparenzwellenlängenbereich ( $\lambda_b$ ) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right], \text{ mit}$$

- ( $p$ ) dem Index eines Wellenlängenfilters ( $\beta_{pq}$ ) in einer Zeile des Arrays,
- ( $q$ ) dem Index eines Wellenlängenfilter ( $\beta_{pq}$ ) in einer Spalte des Arrays,
- ( $b$ ) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter ( $\beta_{pq}$ ) des Filterarrays an der Position ( $p, q$ ) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_b$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$  haben kann,
- ( $n_m$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl  $n$  der von den Projektoren dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,
- ( $d_{pq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array und
- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Die Filterelemente des Filterarrays weisen beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen auf. In speziellen Ausgestaltungen sind auch bei dieser Frontprojektionsvariante mehrere Filterarrays ( $F_A$ ) zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm einsetzbar, wobei jedoch im folgenden von lediglich einem Filterarray ausgegangen wird.

Für einige Anwendungsfälle kann es außerdem von Vorteil sein, wenn mindestens ein Teil der Filterelemente als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind. Derartige Neutralfilterelemente oder auch Graustufenfilterelemente sind mitunter günstiger herzustellen, als Wellenlängenfilterarrayelemente. Überdies lassen sich vermöge eines Filterarrays mit Neutralfilterelementen spezielle Effekte

erzielen, wie etwa die Veränderung der wahrgenommenen Lichtintensität einer oder mehrerer Ansichten bei einer Betrachterbewegung.

Das Filterarray ist im Abstand ( $z$ ) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm, d.h. betrachter- und projektorensseitig, angeordnet.

Dabei nimmt ( $z$ ) Werte in der Größenordnung  $0 \text{ mm} \leq z \leq 60 \text{ mm}$  an. In Ausnahmefällen kann der Betrag von ( $z$ ) auch größere Werte annehmen, etwa wenn die Diagonale des Projektionsschirmes extrem groß ist.

In der Regel wird in dieser Ausführung der Projektionsschirm als ebene Platte ausgebildet sein. Es ist jedoch auch denkbar, den Projektionsschirm nicht eben, sondern räumlich strukturiert auszubilden. Beispielsweise eine zylindrisch-periodische reflektierende Oberfläche ist im Zusammenhang mit der Frontprojektion von Vorteil, weil dann allein schon die Beschaffenheit des Projektionsschirms für eine gewisse strukturierte Lichttrichtungsgebung des reflektierten Lichtes sorgt.

In einer weiteren besonderen Ausgestaltung ist ein Teil der Filterelemente derart ausgebildet, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallsrichtungen transmittieren. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Kristalle oder einer Polymerbeschichtung gewährleistet werden.

Fernerhin ist es denkbar, mindestens ein Filterelement als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma auszubilden, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können. Auf diese Weise wird eine vergleichsweise hohe Lichttransmission erreicht. Derartige Ausgestaltungen sind von besonderem Zusammenhang im Bezug auf Systeme mit deutlich mehr als 8 dargestellten Ansichten.

Die Aufgabe der Erfindung wird ferner gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen Projektor,
- einen Projektionsschirm, geeignet zur Frontprojektion,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor angeordnet ist, wobei

- das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig - bevorzugt jedoch hochgradig- absorbieren,
- mittels des Projektors Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm projektionssseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenelementen des Filterarrays oder ein Wellenlängenelement des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenelements einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Eine weitere Lösung der Aufgabenstellung gibt die folgende autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen Projektor,
- einen transluzenten Projektionsschirm,
- mindestens zwei Filterarrays ( $F_1, F_2, .. F_A, ..$ ), wobei mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem

Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray ( $F_2$ ) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei

- alle Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,
- mittels des Projektors Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray ( $F_2$ ), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängendifiltern des Filterarrays ( $F_2$ ) oder ein Wellenlängendifilter des Filterarrays ( $F_2$ ) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängendifilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

In beiden vorgenannten Ausgestaltungsvarianten der autostereoskopischen Projektionsanordnungen mit lediglich einem Projektor strahlt dieser vorzugsweise zeitlich aufeinanderfolgend Licht verschiedener Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche ab.

Außerdem werden dabei die Teilinformationen jeder der  $n$  Ansichten  $A_k$  (mit  $k=1..n$ ) in paarweise unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen projiziert.

Dieser Ansatz ist beispielsweise umzusetzen, indem Teilinformationen von  $n=3$  Ansichten  $A_k$  zur Darstellung gelangen, indem der Projektor ein DMD/DLP-Projektor ist und indem die Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) ausschließlich in rot, die Ansicht  $A_2$  ( $k=2$ ) ausschließlich in grün sowie die Ansicht  $A_3$  ( $k=3$ ) ausschließlich in blau dargestellt wird. Selbstverständlich können die Farbzusordnungen auch permutiert werden und sind nicht auf diese Zuordnung beschränkt.

Im Ergebnis werden dem bzw. den Betrachtern dadurch verschiedenfarbige Ansichten sichtbar gemacht.

Außerdem wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch eine autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen transluzenten Projektionsschirm,
- einen Projektor, der in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet ist,
- mindestens ein Filterarray, welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
  - das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,
  - mittels des Projektors Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes in einer definierten Kombination der Teilinformationen direkt auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten  $A_k$  wiedergibt,
  - für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements



( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

Die Kombination der Teilinformation der Ansichten ( $A_k$ ), welche von dem Projektor auf den Projektionsschirm projiziert wird, geschieht vorzugsweise wiederum nach der in der DE 10003326 C2 der Anmelderin beschriebenen Art und Weise. Dort sind auch beispielhafte Bildkombinationsvorschriften angegeben.

Entsprechende Filterarrays, welche im Zusammenhang mit dieser letztgenannten Ausgestaltung der Erfindung beispielsweise zur Anwendung kommen können, werden ebenfalls in der vorstehend genannten C2-Schrift beschrieben.

Ansonsten gilt im Bezug auf die Ausführung der Filterelemente und die Anordnungsgeometrie im wesentlichen dasselbe wie für die eingangs genannten Ausgestaltungen der Erfindung.

In dieser letzten Ausgestaltung kann es zur Kompensation von Abbildungsfehlern des Projektorenobjektivs besonders vorteilhaft sein, wenn die Filterelemente in ihrer Form mindestens teilweise variieren.

Alle bislang beschriebenen Anordnungen können auch in Modulbauweise aneinandergefügt werden, um besonders große Bilddiagonalen zu erzielen. Fernerhin kann für besondere Zwecke den erfindungsgemäßen Anordnungen auch noch eine Linse, bevorzugt eine Fresnel-linse vorangestellt werden, so daß für den/die Betrachter eine reelle oder virtuelle Abbildung der autostereoskopischen Projektionseinrichtung entsteht.

Sämtliche beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung erlauben es, die gestellte Aufgabe hervorragend zu lösen: Es werden autostereoskopische Projektionseinrichtungen offenbart, welche eine verbesserte Wahrnehmbarkeit auch bei größeren Bildabmessungen erreichen. Dabei kommen in der Regel einfache bzw. einfach herstellbare Baugruppen zum Einsatz. Je nach Anordnungsgeometrie wird ein räumlicher Eindruck für mehrere Betrachter ermöglicht.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig.1 eine Prinzipskizze zu den erfindungsgemäßen Anordnungen,

Fig.2 das projektorensseitige Filterarray einer ersten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), geeignet für z.B. 8 Projektoren,

Fig.3 das betrachterseitige Filterarray einer ersten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.4 die auf dem Projektionsschirm bei der ersten Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),

Fig.5 und Fig.6 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnitt),

Fig.7 das projektorensseitige Filterarray einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), ebenfalls für 8 Projektoren geeignet,

Fig.8 das betrachterseitige Filterarray der zweiten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.9 die auf dem Projektionsschirm bei der zweiten Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),

Fig.10 und Fig.11 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der zweiten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnitt),

Fig.12 das erste projektorensseitige Filterarray einer dritten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), ebenfalls für 8 Projektoren geeignet,

Fig.13 das zweite projektorensseitige Filterarray einer dritten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.14 das betrachterseitige Filterarray der dritten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.15 die auf dem Projektionsschirm bei der dritten Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),

Fig.16 das projektorensseitige Filterarray einer vierten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), ebenfalls für 8 Projektoren geeignet,

Fig.17 das betrachterseitige Filterarray der vierten Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.18 die auf dem Projektionsschirm bei der vierten Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt),

Fig.19 und Fig.20 je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der vierten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnitt),

Fig.21 das projektorensseitige Filterarray einer fünften Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt), welches für einen einzelnen DMD-Projektor geeignet ist,

Fig.22 das betrachterseitige Filterarray der fünften Ausgestaltung der Erfindung (Ausschnitt),

Fig.23 die auf dem Projektionsschirm bei der fünften Ausgestaltung der Erfindung entstehende Bildstruktur, welche aus Teilinformationen dreier verschiedener Ansichten zusammengesetzt ist (Ausschnitt), wobei die Teilinformationen der verschiedenen Ansichten in von Ansicht zu Ansicht unterschiedlichen Farben (Wellenlängenbereichen) wiedergegeben werden, und

Fig.24 diverse verwendbare Umrisse für Filterelemente in den erfindungsgemäßen Anordnungen.

Die Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze zu den erfindungsgemäßen Anordnungen. Die Skizze ist nicht maßstäblich.

Wie oben beschrieben umfaßt die dargestellte Anordnung erfindungsgemäß folgende Komponenten:

- mindestens zwei Projektoren (4); (in der Zeichnung sind der Übersichtlichkeit geschuldet lediglich vier dargestellt, obwohl es auch beispielsweise acht oder mehr Projektoren sein können),
- einen Projektionsschirm (3),
- mindestens zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ), wobei das Filterarray ( $F_1$ ) zwischen dem Projektionsschirm (3) und den Projektoren (4), d.h. in Betrachtungsrichtung des Betrachters (5) hinter dem Projektionsschirm (3), und das Filterarray ( $F_2$ ) in Betrachtungsrichtung des Betrachters (5) vor dem Projektionsschirm (3) angeordnet ist.

Wie in den einzelnen Ausgestaltungsvarianten untenstehend noch näher erläutert wird, weisen hierbei alle Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente auf, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind. Dabei werden mittels der Projektoren (4) Teilinformationen von  $n$  Ansichten  $A_k$  (mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) hindurch auf den Projektionsschirm (3) projiziert, so daß auf dem Projektionsschirm (3) Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungs-

geometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm (3) in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays ( $F_1$ ) und der Projektoren (4) jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt.

Für das von dem Projektionsschirm (3) zum Betrachter (5) hin abgestrahlte Licht werden durch das mindestens eine Filterarray ( $F_2$ ), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm (3) angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays ( $F_2$ ) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays ( $F_2$ ) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht.

Vorteilhaft kommen insgesamt 2, 4, 8, 16, 32 oder 40 Projektoren zum Einsatz. Sehr gute räumliche Eindrücke für mehrere Betrachter bei gleichzeitig angenehmer Bewegungsfreiheit werden ab etwa acht dargestellten Ansichten erzielt, wobei hierzu vorzugsweise mindestens acht Projektoren zur Ansichtenprojektion eingesetzt werden und jeder Projektor genau eine Ansicht ( $A_k$ ) bzw. Teilinformationen davon projiziert.

Wie in Fig.1 gezeigt, kommen bevorzugt genau zwei Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) in der oben beschriebenen Anordnung zum Einsatz. Besondere Ausgestaltungen, bei denen mehr als zwei Filterarrays von Vorteil sind, werden weiter unten beschrieben.

In einer ersten beispielhaften Ausgestaltung kommt eine Anordnung nach Fig. 1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren (4) verwendet werden. Jeder der acht Projektoren projiziert eine komplette 2D-Ansicht der

darzustellenden Szenerie/ des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden. Derlei 2D-Ansichten sind beispielsweise 2D-Aufnahmen einer Szenerie/ eines Gegenstandes, die aus horizontal leicht versetzten Richtungen aufgenommen werden. Durch eine technisch bedingte Rasterung werden die 2D-Ansichten dann als Teilinformationen, beispielsweise in einer Vollfarbauflösung von 800x600 Pixeln, von den Projektoren abgestrahlt.

Die optischen Achsen der Projektoren schneiden sich bevorzugt auf der Flächenmitte des Projektionsschirms (3), wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes (3). Vorteilhaft können die Projektoren auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein.

Alle Projektorenobjektive befinden sich bevorzugt in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm, und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.2 ist das projektorensseitige Filterarray ( $F_1$ ) der ersten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Dieses Filterarray ( $F_1$ ) enthält Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{1pq}$ ) in einem Raster aus Zeilen ( $q_1$ ) und Spalten ( $p_1$ ), die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ ihrem Transparenzwellenlängenbereich ( $\lambda_{1b}$ ) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- dem Index  $A=1$ , da es sich um das Array ( $F_1$ ) handelt,
- ( $p_1$ ) dem Index eines Wellenlängenfilters ( $\beta_{1pq}$ ) in einer Zeile des Arrays ( $F_1$ ),
- ( $q_1$ ) dem Index eines Wellenlängenfilter ( $\beta_{1pq}$ ) in einer Spalte des Arrays ( $F_1$ ),
- ( $b$ ) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter ( $\beta_{1pq}$ ) des Filterarrays ( $F_1$ ) an der Position ( $p_1, q_1$ ) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_{1b}$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{1\max}$  haben kann,
- ( $n_{1m}$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl ( $n$ ) der von den Projektoren dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,

- ( $d_{1pq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array ( $F_1$ ) und
- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

In der obigen Gleichung entspricht ( $p_A=p_1$ ) dem Index ( $p$ ) und ( $q_A=q_1$ ) dem Index ( $q$ ) für die Matrix ( $d_{Apq}=d_{1pq}$ ) bzw. für die Filterelemente ( $\beta_{1pq}$ ).

In dieser Ausgestaltung haben nun mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_{1b}$ ) die gleichen Filterwirkungen: Seien  $\lambda_{1,1}$  sowie  $\lambda_{1,3}.. \lambda_{1,8}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_{1,2}$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $n_{1m}=8$  sowie  $d_{1pq}=-1=const$ , so ergibt sich nach der Vorschrift zur Erzeugung einer Filterstruktur ein im wesentlichen opakes Filterarray ( $F_1$ ), welches auf der Fläche gleichmäßig verteilte schräge, stufenförmige transparente Streifen beinhaltet, die etwa ein Achtel der gesamten Fläche einnehmen. Dies ist in Fig.2 gezeigt. Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.3 zeigt das betrachterseitige Filterarray ( $F_2$ ) mit  $A=2$  der ersten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Hier kommen ähnliche, aber nicht vollkommen identische Parameter wie für das Filter ( $F_1$ ) zum Einsatz. Diese lauten:  $\lambda_{2,1}$  sowie  $\lambda_{2,4}.. \lambda_{2,8}$  sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken;  $\lambda_{2,2}$  und  $\lambda_{2,3}$  sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und  $n_{2m}=8$  sowie  $d_{2pq}=-1=const$ . Hier ist ebenfalls ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

Das Filterarray ( $F_1$ ) ist im Abstand  $z_1=2$  mm in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array ( $F_2$ ) beträgt der Abstand  $z_2=(-)45$  mm, wobei dieses Array vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray ( $F_2$ ), welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlireflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.4 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten (i) und Zeilen (j) ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm (3) nicht unbedingt sichtbar. In Fig.4 entspricht eine Ziffer in einem Kästchen derjenigen Ansicht ( $A_k$ ), aus der die Teilinformation stammt, die an diese Rasterstelle auf dem Projektionsschirm projiziert wird. Das auf dem Projektionsschirm (3) entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen- je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms (3) ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ). Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinformation mindestens irgendeiner Ansicht abstrahlt.

Die auf Grund des Filters ( $F_2$ ) vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.5 und Fig.6 zeigen je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnittsdarstellung). An der ersten Position nach Fig.5 sieht das Betrachterauge beispielsweise überwiegend die Ansichten 2 und 3, während es an der zweiten beispielhaften Position nach Fig.6 überwiegend die Ansichten 6 und 7 wahrnimmt. Sehen nun gerade die verschiedenen Augen des Betrachters beispielsweise die gezeigten Ansichtenmischungen, so entsteht ein räumlicher Eindruck.

Es sei noch bemerkt, daß in diesem ersten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten wahrnimmt (siehe auch die beispielhaften Ansichtengemische in Fig.5 und Fig.6). Der Fall, daß ein Betrachterauge von einer Position im Betrachtungsraum Teilinformationen genau einer Ansicht sieht, ist vollständig ausgeschlossen.

Der Projektionsschirm (3) ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In dieser ersten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm (3) eine ebene Platte mit einer Flächendiagonale von ca. 50 Zoll bei einem Seitenverhältnis von 16:9.

Die eingesetzten Projektoren (4) werden von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt. Beispielsweise besteht besagte Ansteuerelektronik in diesem Zusammenhang aus einer Bilddatenquelle, die einen Videorecorder pro Projektor enthält. Mit anderen Worten: Es sind acht Videorecorder vorhanden. Jeder Videorecorder speist einen Projektor –wie oben schon erwähnt– mit der Bildsequenz einer bestimmten Ansicht ( $A_k$ ). Die Videorecorder sind über einen Trigger miteinander gekoppelt, so daß alle acht Ansichten ( $A_k$ ) zeitlich synchronisiert dargestellt werden.

Jedes der Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) stets auf der den Projektoren (4) zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet. Damit werden die besten Ergebnisse erreicht, da dann die durch die Substrate bedingten Strahlversätze gegenüber Vertauschung der Filterarrayseiten auf den Substraten minimiert sind.



In einer zweiten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren (4) verwendet werden. Jeder der acht Projektoren (4) projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/ des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden.

Die optischen Achsen der Projektoren (4) schneiden sich wiederum bevorzugt auf der Flächenmitte des Projektionsschirms (3), wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren (4) sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes (3). Vorteilhaft können die Projektoren (4) auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein.

Alle Projektorenobjektive befinden sich in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm (3), und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes (3). Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.7 ist das projektorensseitige Filterarray (F<sub>1</sub>) mit A=1 der zweiten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{1pq}$ ) im Raster aus Zeilen ( $q_1$ ) und Spalten ( $p_1$ ) sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien  $\lambda_{1,2} \dots \lambda_{1,8}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_{1,1}$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $b_{1\max}=8$ ,  $n_{1m}=8$  sowie

$$d_{1pq} = \frac{p_1 - (((IntegerPart(q_1 - 1) \cdot \frac{1}{2}) + p_1) \bmod 8)}{q_1}$$

Die Funktion „mod“ bezeichnet hier die Restklasse in bezug auf einen Teiler.

Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und ca. 0,804 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.8 zeigt das betrachterseitige Filterarray (F<sub>2</sub>) der zweiten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Die Parameter zur Erzeugung der entsprechenden Filterstruktur lauten:  $\lambda_{2,3} \dots \lambda_{2,16}$  sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken;  $\lambda_{2,1}$  und  $\lambda_{2,2}$  sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und es gilt  $b_{2\max}=16$ ,

$n_{2m}=16$  sowie  $d_{2pq}=-1 = \text{const.}$  Hier ist ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,14236 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße möglich sind.

Das Filterarray ( $F_1$ ) ist im Abstand  $z_1 = 2$  mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array ( $F_2$ ) beträgt der Abstand  $z_2 = (-)45$  mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray ( $F_2$ ), welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdllichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.9 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm (3) nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen - je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ).

Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinformation mindestens irgendeiner Ansicht ( $A_k$ ) abstrahlt.

Die auf Grund des Filters ( $F_2$ ) vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teil-

informationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.10 und Fig.11 zeigen je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnittdarstellung). An der ersten Position nach Fig.10 sieht das Betrachterauge beispielsweise überwiegend die Ansichten 5 und 6, während es an der zweiten beispielhaften Position nach Fig.11 überwiegend die Ansichten 2 und 3 wahrnimmt. Sehen nun gerade die verschiedenen Augen des Betrachters die gezeigten Ansichtenmischungen, so entsteht ein räumlicher Eindruck.

Es sei noch bemerkt, daß in diesem zweiten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen.

In dieser zweiten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt.

Jedes der Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) stets auf der den Projektoren (4) zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet, wobei die Glassubstrate in Fig.1 zeichnerisch nicht dargestellt sind.

In einer dritten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings erneut acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren (4) verwendet werden. Außerdem ist jetzt ein drittes Filter ( $F_3$ ) zwischen dem Filter ( $F_1$ ) und dem Projektionsschirm (3) vorhanden. Das Filter ( $F_3$ ) ist in Fig.1 zeichnerisch nicht dargestellt.

Jeder der acht Projektoren projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/ des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden. Die optischen Achsen der Projektoren schneiden sich bevorzugt auf in der Flächenmitte des Projektionsschirms (3), wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren (4) sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes 3. Vorteilhaft können die Projektoren auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein.

Alle Projektorenobjektive befinden sich bevorzugt in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm, und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes. Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.12 ist das erste projektorensseitige Filterarray ( $F_1$ ) der dritten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängendiffilterelemente ( $\beta_{1pq}$ ) im Raster aus Zeilen ( $q_1$ ) und Spalten ( $p_1$ ) sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: In dieser Ausgestaltung haben wieder mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_{1,b}$  die gleichen Filterwirkungen: Seien  $\lambda_{1,1}$  sowie  $\lambda_{1,3}.. \lambda_{1,8}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_{1,2}$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $n_{1m}=8$  sowie  $d_{1pq}=-1=const$ . Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,2847 mm breit und ca. 0,8044 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

In Fig.13 ist ein Ausschnitt des zweiten projektorensseitigen Filterarrays ( $F_3$ ) mit  $A=3$  der dritten Ausgestaltung der Erfindung dargestellt. Die Wellenlängendiffilterelemente ( $\beta_{3pq}$ ) im Raster aus Zeilen ( $q_3$ ) und Spalten ( $p_3$ ) sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien  $\lambda_{3,1}$  bis  $\lambda_{3,3}$  Wellenlängenbereiche für die Farben Rot, Grün und Blau in dieser Reihenfolge, und sei weiterhin  $n_{3m}=3$  sowie

$$d_{3pq} = \frac{p_3 - (p_3 \bmod 3)}{q_3}$$

Ein Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,281 mm breit und ca. 0,796 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar. In Fig.13 sind die farbigen Filterelemente, d.h. die Wellenlängenfilterelemente, zur Unterscheidung von etwa RGB-Bildelementen mit einem Apostroph gekennzeichnet (R', G' und B').

Die Fig.14 zeigt das betrachterseitige Filterarray (F<sub>2</sub>) der dritten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Es sei hierbei  $b_{2\max}=4$ , wobei drei Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_{2,1}$ ,  $\lambda_{2,2}$ ,  $\lambda_{2,3}$  vorgegeben werden für die Transparenzwellenlängenbereiche Rot, Grün und Blau (in dieser Reihenfolge) sowie ein weiterer Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_{2,4}$ , mit dem das sichtbare Licht komplett abgeblockt werden kann. Die Koeffizientenmatrix  $d_{2pq}$  wird nach der Vorschrift erzeugt:

$$d_{2pq} = \frac{p_2 - 1 - (p_2 \bmod 3)}{q_2} \delta((p_2 + q_2) \bmod 8) + \frac{p_2 - 4}{q_2} \delta[\delta((p_2 + q_2) \bmod 8)]$$

Hierbei sei  $n_{2m}=8$ ; „mod“ bezeichnet die Restklasse in bezug auf einen Teiler. Die Funktion  $\delta$  gibt für alle Argumente ungleich „Null“ den Wert „Null“; für das Argument „Null“ ergibt sich der Funktionswert 1, denn es gilt  $\delta(0)=1$  und  $\delta(x \neq 0)=0$ . Die Indizes ( $p_2, q_2$ ) durchlaufen alle möglichen Werte, die innerhalb des zu erzeugenden Filterrasters liegen; das sind beispielsweise für  $p_2$  Werte von 1 bis 3840 und für  $q_2$  Werte von 1 bis 768.

Hier ist ein Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

Das Filterarray (F<sub>1</sub>) ist im Abstand  $z_1=2$  mm und das Filterarray (F<sub>3</sub>) ist im Abstand  $z_3=1$  mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet.

Für das Array (F<sub>2</sub>) beträgt der Abstand  $z_2=(-)45$  mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.15 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten (i) und Zeilen (j) ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm (3) nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten (A<sub>k</sub>) kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger

Wellenlängenbereiche abstrahlen- je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich dieses Mal auf Grund des zweiten projektorensseitigen Filters ( $F_3$ ) nicht um vollfarbige Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ), sondern vielmehr um solche, die i.d.R. Licht der Wellenlängenbereiche für Rot, Grün oder Blau abstrahlen. Dies ist in Fig.15 durch die mit R, G und B bezeichneten Spalten angedeutet.

Die auf Grund des Filters ( $F_2$ ) vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht.

Es sei noch bemerkt, daß auch in diesem dritten Ausgestaltungsbeispiel die drei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten wahrnimmt.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In dieser dritten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt.

Jedes der Filterarrays  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  ist als belichtete Folie ausgebildet. Sie sind jeweils auf ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert.

In einer vierten beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings acht an Stelle der in der Zeichnung lediglich vier gezeigten Projektoren (4) verwendet werden. Jeder der acht Projektoren (4) projiziert wieder eine komplette 2D-Ansicht der darzustellenden Szenerie/ des darzustellenden Gegenstandes, so daß demnach acht Ansichten gezeigt werden.

Die optischen Achsen der Projektoren (4) schneiden sich wiederum bevorzugt im Flächenmittelpunkt des Projektionsschirms (3), wobei zwei benachbarte optische Achsen einen Winkel von beispielsweise etwa 3,5 Grad einschließen. Die Projektoren (4) sind entsprechend ausgerichtet und haben einen Projektivabstand von beispielsweise 2900 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes (3). Vorteilhaft können die Projektoren (4) auf einer Kreisbahn mit besagter Flächenmitte als Kreismittelpunkt angeordnet sein.

Alle Projektorenobjektive befinden sich in der gleichen Höhe hinter dem Projektionsschirm (3), und zwar etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes (3). Zur Gewährleistung einer derartigen Positionierung ist beispielsweise ein entsprechend dimensioniertes mechanisches Stativ geeignet.

In Fig.16 ist das projektorensseitige Filterarray ( $F_1$ ) der vierten Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{1pq}$ ) im Raster aus Zeilen ( $q_1$ ) und Spalten ( $p_1$ ) sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Seien  $\lambda_{1,1}.. \lambda_{1,4}$  sowie  $\lambda_{1,6}.. \lambda_{1,8}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_{1,5}$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $b_{1max}=8$ ,  $n_{1m}=8$  sowie

$$d_{1pq} = \frac{p_1 - \left( \text{IntegerPart}\left(p_1 + \frac{2q_1}{3}\right) \bmod 8 \right)}{q_1}$$

Ein transparentes oder opakes Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,2847 mm breit und ca. 0,8044 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.17 zeigt das betrachterseitige Filterarray ( $F_2$ ) der vierten Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Es sind  $\lambda_{2,4}.. \lambda_{2,24}$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken;  $\lambda_{2,1}.. \lambda_{2,3}$  sind für das sichtbare Spektrum transparente Filterbereiche, und  $b_{2max}=24$ ,  $n_{2m}=24$  sowie

$$d_{2pq} = \frac{p_2 - (\text{IntegerPart}(p_2 + 2 \cdot q_2) \bmod 24)}{q_2}$$

Hier ist ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,095 mm breit und ca. 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus realistisch sind.

Das Filterarray ( $F_1$ ) ist im Abstand  $z_1 = 2$  mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array ( $F_2$ ) beträgt der Abstand  $z_2 = (-)45$  mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray ( $F_2$ ), welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlichtreflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

Sind die Projektoren wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.18 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten (i) und Zeilen (j) ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm (3) nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Dabei können die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche abstrahlen- je nachdem, was für Licht von den Projektoren an der entsprechenden Stelle des Projektionsschirms ankommt. Werden in diesem Ausführungsbeispiel DMD/DLP-Projektoren eingesetzt, so handelt es sich um vollfarbige Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ).

Bei korrekter Ausrichtung ist die erfindungsgemäße Anordnung im Bezug auf die Licht- und Flächennutzung besonders effizient, da dann daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann. Es entstehen somit keine „permanent schwarzen Flecken“ auf dem Schirm, so daß jedes Flächenelement des Projektionsschirmes irgendeine Teilinformation mindestens irgendeiner Ansicht abstrahlt.

Die auf Grund des Filters ( $F_2$ ) vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend



Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht. Fig.19 und Fig.20 zeigen je eine mögliche Ansichtenmischung, die von einem Betrachterauge bei Verwendung der ersten Ausgestaltung der Erfindung an einer Betrachtungsposition gesehen werden kann (Ausschnittdarstellung). An der ersten Position nach Fig.19 sieht das Betrachterauge beispielsweise überwiegend die Ansichten 1 und 2, während es an der zweiten beispielhaften Position nach Fig.20 überwiegend die Ansichten 4 und 5 wahrnimmt. Sehen nun gerade die verschiedenen Augen des Betrachters die gezeigten Ansichtenmischungen, so entsteht ein räumlicher Eindruck.

Es sei wiederum bemerkt, daß in diesem vierten Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) ebenfalls nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind. Mit anderen Worten: Die Strukturen der Filterarrays gehen nicht durch ein- oder zweidimensionale Vergrößerung oder Verkleinerung ineinander über. Im Bezug auf den räumlichen Eindruck hat diese Nicht-Kongruenz den Effekt, daß tatsächlich von jedem Betrachtungspunkt aus ein Betrachterauge stets eine Mischung aus Teilinformationen mehrerer Ansichten wahrnimmt (siehe auch die beispielhaften Ansichtengemische in Fig.19 und Fig.20). Der Fall, daß ein Betrachterauge von einer Position im Betrachtungsraum Teilinformationen genau einer Ansicht sieht, ist vollständig ausgeschlossen.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In dieser vierten Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Die eingesetzten Projektoren werden auch hier von einer Ansteuerelektronik, die auch mehrere separate Geräte umfassen kann, mit Bilddaten versorgt.

Jedes der Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein

guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) stets auf der den Projektoren 4 zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet.

In einer fünften beispielhaften Ausgestaltung kommt ebenfalls eine Anordnung nach Fig.1 zum Einsatz, wobei allerdings an Stelle der in der Zeichnung vier gezeigten Projektoren (4) lediglich ein Projektor verwendet wird. Der Projektor ist beispielsweise ein DMD/DLP-Projektor und zeigt zeitlich periodisch aufeinanderfolgend rote, grüne und blaue Bilder, wobei das rote Bild der Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ), das grüne Bild Ansicht  $A_2$  ( $k=2$ ) und das blaue Bild Ansicht  $A_3$  ( $k=3$ ) entspricht. Es werden also  $n=3$  Ansichten dargestellt.

Die optische Achse des Projektors ist bevorzugt auf den Flächenmittelpunkt des Projektionschirms (3) ausgerichtet. Der Projektivabstand ist beispielsweise 2000 mm von der Flächenmitte des Projektionsschirmes (3).

Das Projektorenobjektiv befindet sich etwa in der Höhe des Flächenmittelpunktes des Projektionsschirmes oder darunter.

In Fig.21 ist das projektorensseitige Filterarray ( $F_1$ ) der fünften Ausgestaltung der Erfindung als Ausschnitt dargestellt. Die Wellenlängenelemente ( $\beta_{1pq}$ ) im Raster aus Zeilen ( $q_1$ ) und Spalten ( $p_1$ ) sind nach der schon mehrfach beschriebenen Vorschrift angeordnet, wobei hier folgende Parameter gewählt wurden: Sei  $\lambda_{1,1}$  ein Transparenzwellenlängenbereich für blaues Licht,  $\lambda_{1,2}$  ein Transparenzwellenlängenbereich für rotes Licht,  $\lambda_{1,3}$  ein Transparenzwellenlängenbereich für grünes Licht,  $b_{1\max}=3$ ,  $n_{1m}=3$  sowie  $d_{1pq}=-1=\text{const.}$  Ein Filterelement ist hier beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch. Andere Ausführungen sind selbstverständlich denkbar.

Die Fig.22 zeigt das betrachterseitige Filterarray ( $F_2$ ) der fünften Ausgestaltung der Erfindung, ebenfalls als Ausschnitt. Die entsprechenden Parameter lauten:  $\lambda_{2,1}$  sowie  $\lambda_{2,3}$  sind Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken;  $\lambda_{2,2}$  ist ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich, und  $b_{2\max}=3$ ,  $n_{2m}=3$  sowie  $d_{2pq}=-1=\text{const.}$  Hier ist ebenfalls ein transparentes oder opakes Filterelement beispielsweise ca. 0,285 mm breit und 0,804 mm hoch, wobei andere Maße durchaus möglich sind.

Das Filterarray ( $F_1$ ) ist im Abstand  $z_1=2$  mm hinter dem Projektionsschirm angeordnet. Für das Array ( $F_2$ ) beträgt der Abstand  $z_2=(-)45$  mm, wobei dieses Array in Betrachtungsrichtung

vor dem Projektionsschirm befindlich ist. Das Minuszeichen steht dafür, daß das Array in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm liegt.

Um einen verbesserten Bildkontrast zu erzielen, ist bevorzugt auf das Filterarray ( $F_2$ ), welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht. Damit werden Fremdlireflexe zu einem gewissen Teil vermieden, wodurch die Wahrnehmbarkeit des räumlichen Bildes verbessert wird.

Ist der Projektor wie oben beschrieben ausgerichtet, so entsteht in etwa eine Bildstruktur auf dem Projektionsschirm, welche in Fig.23 ausschnittsweise dargestellt ist. Das Raster mit Spalten (i) und Zeilen (j) ist hierbei nur der Übersicht halber eingezeichnet und selbstverständlich auf dem Projektionsschirm (3) nicht unbedingt sichtbar. Das auf dem Projektionsschirm (3) entstehende, aus verschiedenen Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) kombinierte Bild weist also ein Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) auf. Dabei strahlen die Bildwiedergabeelemente ( $\alpha_{ij}$ ) Licht ganz verschiedenartiger Wellenlängenbereiche ab, und zwar entsprechend der Anordnungsgeometrie sind die sichtbaren Teilinformationen der Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) rot, der Ansicht  $A_2$  ( $k=2$ ) grün und der Ansicht  $A_3$  ( $k=3$ ) blau.

Die auf Grund des Filters ( $F_2$ ) vorgegebenen Lichtausbreitungsrichtungen sorgen dafür, daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (5) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter (5) ein räumlicher Eindruck entsteht.

Es sei erneut bemerkt, daß in diesem fünften Ausgestaltungsbeispiel die zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) ebenfalls nicht durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen vollständig zur Kongruenz zu bringen sind, dies wird hier insbesondere durch die verschiedenen vorgegebenen Transmissionswellenlängenbereiche der zwei Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) verhindert.

Der Projektionsschirm ist transluzent ausgebildet und umfaßt vorzugsweise auch ein Trägersubstrat, z.B. eine Glasscheibe. Er kann außerdem lichtkonzentrierend wirken, d.h. einen positiven „gain“ aufweisen. Eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem

Projektionsschirm wird erzielt, wenn der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter ausgebildet ist.

In dieser fünften Ausgestaltung ist der Projektionsschirm eine ebene Platte.

Der eingesetzte Projektor wird auch hier von einer Ansteuerelektronik mit Bilddaten versorgt. Wegen der spektralen Auftrennung der Ansichten empfiehlt sich hierzu ein PC, der von entsprechender Software gesteuert wird.

Jedes der Filterarrays ( $F_1$ ) und ( $F_2$ ) ist als belichtete Folie ausgebildet. Beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) sind auf jeweils ein Substrat, z.B. auf ein Glassubstrat, auflaminiert. Dadurch kann ein guter mechanischer Halt erreicht werden. In der Anordnung nach Fig.1 sind beide Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ ) stets auf der den Projektoren (4) zugewandten Seite der Glassubstrate angeordnet.

Für alle beschriebenen Ausgestaltungsvarianten der Erfindung können -wie schon erwähnt- neben besonders bevorzugten rechteckigen Filterumrissen auch beliebige Filterumrisse für die Filterelemente verwendet werden. Die Fig.24 zeigt diverse verwendbare Umrisse für Filterelemente in erfindungsgemäßen Anordnungen, wobei unter Umständen auf einem Filterarray gleichzeitig mindestens zwei verschiedenartige Umrißformen ausgebildet sein können. Die Verwendung derartiger Umrisse hat positiven Einfluß auf das Moiré-Verhalten der Projektionsanordnung und dient auch zur Verminderung der auftretenden Moiré-Effekte. Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, wenn konkave und konvexe Filterelementumrisse derart angeordnet sind, daß sie ineinander greifen. Als Abmessungen der Filterelemente sollen jeweils die äußersten Abmaße in horizontaler und vertikaler Ausdehnung gelten.

Ganz speziellen Erfordernissen in der Bildkombinationsstruktur oder bei der Vorgabe der Lichtausbreitungsrichtungen kann unter Umständen ferner entsprochen werden, wenn schon einzelne Filterelemente einen Farbverlauf bzw. einen Graukeil als Transparenzwellenlängenbereich bzw. als Neutralfiltertransmissionseigenschaft aufweisen.

Die Erfindung läßt sich hervorragend im Bereich der Unterhaltung (3D-Kino) und auch im Bereich der Präsentation einsetzen. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß -je nach Ausführung- mehrere Betrachter mit recht großer Bewegungsfreiheit ein großformatiges, brillantes 3D-Bild sehen können. Einfach erhältliche oder einfach herzustellende Komponenten können eingesetzt werden.

### Bezugszeichenliste

$A_k$	Zur Darstellung kommende Ansichten
$n$	Gesamtzahl der Ansichten $A_k$
$k$	Nummer einer bestimmten Ansicht $A_k$ ( $k=1..n$ )
$F_1, F_2, \dots, F_A$	Verschiedene Filterarrays
$A$	Index eines bestimmten Filterarrays
$\lambda$	Transparenzwellenlänge
$\Delta\lambda$	Transparenzwellenlängenbereich
$i$	Spaltenindex auf dem Projektionsschirm
$j$	Zeilenindex auf dem Projektionsschirm
$\alpha_{ij}$	Bildwiedergabeelemente in Spalten $i$ und Zeilen $j$
$p_A$	Spaltenindex des Filterarrays $F_A$
$q_A$	Zeilenindex des Filterarrays $F_A$
$\beta_{Apq}$	Wellenlängenfilterelemente im Raster $(p_A, q_A)$ des Filterarrays $F_A$
$b$	ganze Zahl mit Werten zwischen 1 und $b_{Amax}$
$\lambda_{Ab}$	Vorgegeb. Transparenzwellenlänge/ Transparenzwellenlängenbereich
$n_{Am}$	ganzzahliger Wert größer „Null“
$d_{Apq}$	wählbare Maskenkoeffizientenmatrix
$z_A$	Abstand vom Projektionssschirm
$z$	Abstand vom Projektionssschirm
3	Projektionsschirm
4	Projektor(en)
5	Betrachter

## **Zusammenfassung**

Die Erfindung bezieht sich auf autostereoskopische Projektionsanordnungen. Durch mindestens ein Filterarray, welches in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenelemente aufweist, werden erfindungsgemäß mittels mindestens eines Projektors projizierte Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes auf einen Projektionsschirm projiziert, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden. Für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht werden entweder durch besagtes oder mindestens ein weiteres Filterarray, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den oder die Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht. Die Erfindung ermöglicht die 3D-Projektion großformatiger Bilder mit verhältnismäßig geringem Aufwand. Sie findet Anwendung unter anderem in 3D-Kinos und im Präsentationsbereich.

Fig. 1

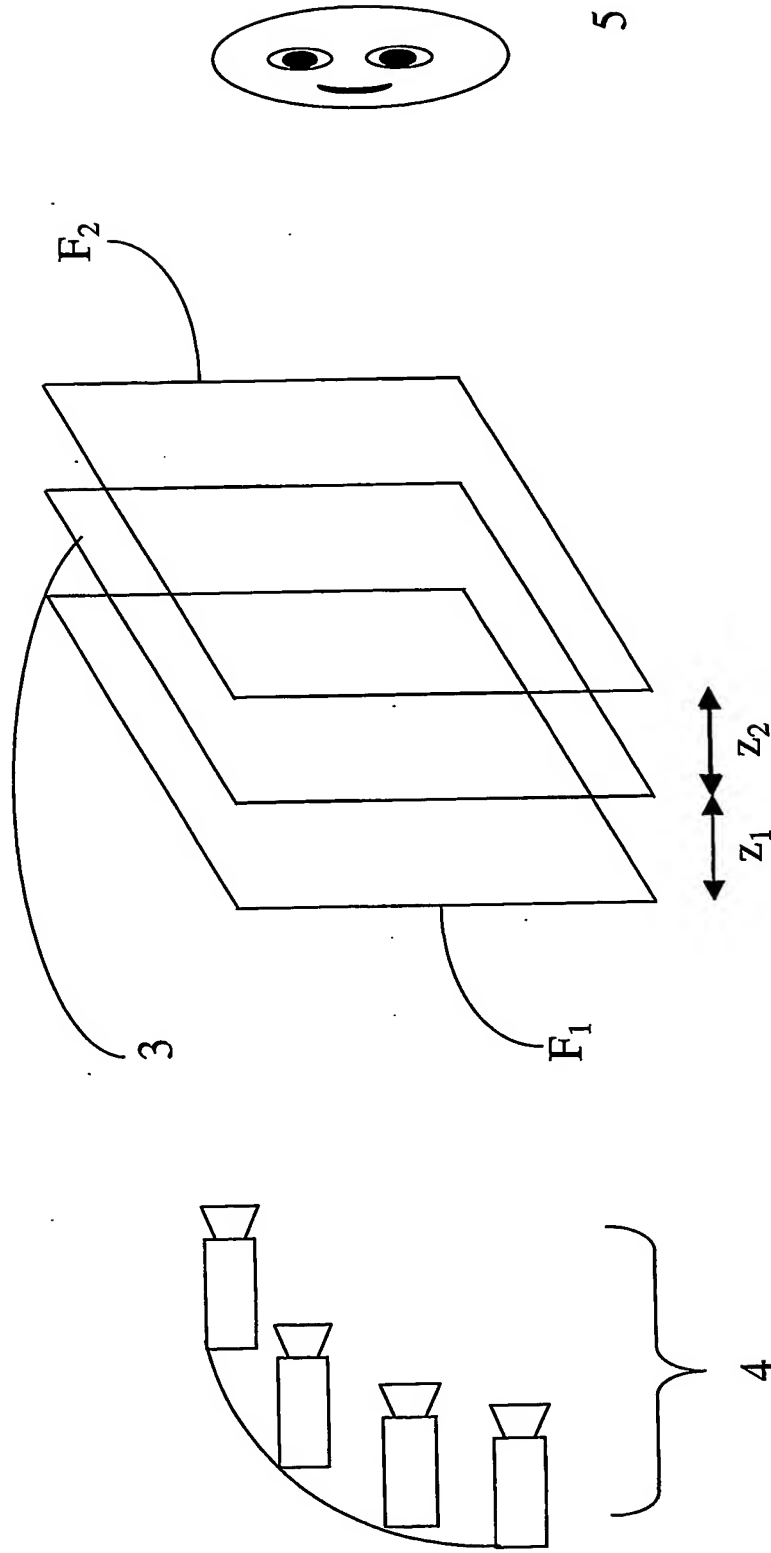


Fig. 1

## Schutzansprüche

### 1. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm,
- mindestens zwei Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ), wobei mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray ( $F_2$ ) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- alle Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,
- mittels der Projektoren Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten  $A_k$  wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray ( $F_2$ ), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays ( $F_2$ ) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays ( $F_2$ ) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl



aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) Wellenlängenelemente ( $\beta_{Apq}$ ) in einem jeweils eigenen, filterarrayzugeordneten Raster aus Zeilen ( $q_A$ ) und Spalten ( $p_A$ ) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ihrem Transparenzwellenlängenbereich ( $\lambda_b$ ) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p_A - d_{Apq} \cdot q_A - n_{Am} \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p_A - d_{Apq} \cdot q_A - 1}{n_{Am}} \right], \text{ mit}$$

- ( $p_A=p$ ) dem Index eines Wellenlängenelementes ( $\beta_{Apq}$ ) in einer Zeile des jeweiligen Arrays ( $F_A$ ),
- ( $q_A=q$ ) dem Index eines Wellenlängenelementes ( $\beta_{Apq}$ ) in einer Spalte des jeweiligen Arrays ( $F_A$ ),
- ( $b$ ) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenelement ( $\beta_{Apq}$ ) des Filterarrays ( $F_A$ ) an der Position ( $p_A, q_A$ ) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_b$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{Amax}$  haben kann,
- ( $n_{Am}$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl ( $n$ ) der von den Projektoren dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,
- ( $d_{Apq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenelemente auf dem jeweiligen Array ( $F_A$ ) und
- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der Filterarrays durch horizontale und/oder vertikale lineare Skalierung ihrer Strukturen nicht vollständig zur Kongruenz zu bringen sind.

4. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) als Neutralfilter zur wellenlängenunabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind.

5. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterelemente der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen aufweisen.

6. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) jeweils im Abstand ( $z_A$ ) in Betrachtungsrichtung vor oder hinter dem Projektionsschirm angeordnet sind und ( $z_A$ ) jeweils Werte in der Größenordnung  $-60 \text{ mm} \leq (z_A) \leq 60 \text{ mm}$  annimmt, wobei ein negativer Wert für ( $z_A$ ) die Anordnung in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm und ein positiver Wert für ( $z_A$ ) die Anordnung in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm jeweils im Abstand des Absolutbetrages von ( $z_A$ ) bedeutet.

7. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) derart ausgebildet ist, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallrichtungen transmittieren.

8. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Filterelement mindestens eines der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots F_A, \dots$ ) ausgebildet wird als eine Linse, bevorzugt als eine Zylinderlinse, oder als ein Prisma, wobei die Zylinderlinsen oder Prismen auch lediglich in Spalten oder Zeilen angeordnet sein können.

9. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm transluzent ausgebildet ist.

10. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der mindestens zwei Projektoren ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten ( $A_k$ ) zusammengesetztes Kombinationsbild projiziert.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Projektoren jeweils ein aus Teilinformationen mindestens zweier Ansichten ( $A_k$ ) zusammengesetztes Kombinationsbild projizieren und die Bildkombinationsstruktur der Ansichten ( $A_k$ ) bei besagten zwei Projektoren unterschiedlich gewählt ist.

12. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die projizierten Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) unter Verwendung einer Bildvor-  
entzerrungsfunktion projiziert werden.

13. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausrichtung und Struktur des/der Filterarray(s) zwischen den Projektoren und dem Projektionsschirm derart gewählt ist, daß jedes Flächenelement auf dem Projektionsschirm mit Licht mindestens eines der Projektoren beaufschlagt werden kann.

14. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm gekrümmt ist, wodurch für das Licht der verschiedenen Projektoren im wesentlichen jeweils gleiche Lichteinfallswinkel erzielt werden.

15. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Projektor eine separate Projektionsposition und Projektionsrichtung im Bezug auf den Projektionsschirm vorgegeben ist, wobei die jeweilige Projektionsrichtung und der jeweilige Projektionsabstand von Projektor zu Projektor bevorzugt unterschiedlich ist.

16. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Helligkeit mindestens eines Projektors innerhalb festgelegter Grenzen variabel verstellbar ist.

17. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Projektoren Dia-Projektoren, DLP/DMD-Projektoren, CRT-Projektoren oder Flüssigkristallprojektoren eingesetzt werden.

18. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Filterarray, welches dem Betrachter am nächsten befindlich ist, eine Antireflexionsbeschichtung aufgebracht ist.

19. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ , ..  $F_A$ , ..) als belichtete Folie, als gedrucktes Bild oder als optisches Gitter ausgebildet werden.

20. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ , ..  $F_A$ , ..) auf ein Substrat, bevorzugt auf ein Glassubstrat, laminiert ist.

21. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ , ..  $F_A$ , ..) innerhalb einer Sandwich-Struktur bestehend aus mehreren Substraten angeordnet ist, wobei die Substrate jeweils bestimmte optische Eigenschaften -wie vorgegebene Brechungsindizes- aufweisen.

22. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm als sehr dünne Scheibe, bevorzugt mit einer Dicke kleiner einem Millimeter, ausgebildet ist, wodurch eine ausgezeichnete Schärfe der Bildelemente auf dem Projektionsschirm erzielt wird.

23. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm lichtkonzentrierend wirkt, d.h. über einen positiven „gain“ verfügt.

24. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich auf Teilen mindestens eines Filterarrays eine spiegelnde Oberfläche befindet und diese spiegelnde Oberfläche jeweils auf der zu den Projektoren zeigenden Seite des/der Filterarrays und vorzugsweise nur auf den nicht-transparenten Filterelementen angeordnet ist, so daß ein Teil des projizierten Lichtes in die Projektoren zurückgeworfen wird.

25. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ , ..  $F_A$ , ..) als Polarisationsfilter ausgebildet ist und daß mindestens einer der Projektoren polarisiertes Licht ausstrahlt.

26. Anordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine polarisierte Licht aussendende Projektor das Licht in zeitlich alternierender Polarisation, bevorzugt abwechselnd horizontal linear und vertikal linear polarisiert, abstrahlt.

27. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente mindestens eines der Filterarrays ( $F_1$ ,  $F_2$ , ..  $F_A$ , ..) als photochrome oder elektrochrome optische Bauelemente ausgebildet sind.

28. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Projektoren mit einem Farbfilter verblendet ist, wodurch das von

besagtem Projektor abgestrahlte Licht lediglich Wellenlängenfilter der entsprechenden Transparenzwellenlänge bzw. des entsprechenden Transparenzwellenlängenbereichs durchdringen kann.

29. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektoren in mindestens zwei im wesentlichen horizontalen Reihen angeordnet sind.

30. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin Mittel zur automatischen Ausrichtung der Projektoren, beispielsweise elektromechanische Stellglieder, vorgesehen sind.

31. Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtweg des von mindestens einem Projektor abgestrahlten Lichtes durch die Verwendung von mindestens einem Spiegel gefaltet wird.

32. Anordnung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der gefaltete Strahlengang einen bezüglich der Lichthauptausbreitungsrichtung nicht-senkrechten Lichteinfall auf dem Projektionsschirm verursacht und der Projektionsschirm als holographische Scheibe ausgebildet ist, die insbesondere nicht-senkrecht einfallendes Licht konzentrierend transmittiert, beispielsweise als „HOPS“-Scheibe der Sax3D GmbH/ Chemnitz.

33. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- mindestens zwei Projektoren,
- einen Projektionsschirm, der zur Frontprojektion geeignet ist,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und den mindestens zwei Projektoren angeordnet ist, wobei
  - das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig - bevorzugt jedoch hochgradig- absorbieren,
- mittels der Projektoren Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch

sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Filterarrays und der Projektoren jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten  $A_k$  wiedergibt,

- für das von dem Projektionsschirm projektionsseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

34. Anordnung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Filterarray Wellenlängenfilterelemente ( $\beta_{pq}$ ) in einem Raster aus Zeilen (q) und Spalten (p) enthält, die in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ihrem Transparenzwellenlängenbereich ( $\lambda_b$ ) nach folgender Funktion auf dem Filterarray angeordnet sind

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right], \text{ mit}$$

- (p) dem Index eines Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des Arrays,
- (q) dem Index eines Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des Arrays,
- (b) einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter ( $\beta_{pq}$ ) des Filterarrays an der Position (p,q) eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche ( $\lambda_b$ ) festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$  haben kann,
- ( $n_m$ ) einem ganzzahligen Wert größer „Null“, der bevorzugt der Gesamtzahl (n) der von den Projektoren dargestellten Ansichten ( $A_k$ ) entspricht,
- ( $d_{pq}$ ) einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Anordnung der Wellenlängenfilter auf dem Array und

- *IntegerPart* einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

35. Anordnung nach einem der Ansprüche 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente des Filterarrays als Neutralfilter zur wellenlängen-unabhängigen Abschwächung der Lichtintensität ausgebildet sind.

36. Anordnung nach einem der Ansprüche 33-35, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterelemente des Filterarrays beliebige, vorzugsweise vieleckige, besonders bevorzugt rechteckige Umrißformen aufweisen.

37. Anordnung nach einem der Ansprüche 33-36, dadurch gekennzeichnet, daß das Filterarray projektorensseitig im Abstand ( $z$ ) vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, und ( $z$ ) jeweils Werte in der Größenordnung  $0 \text{ mm} \leq z \leq 60 \text{ mm}$  annimmt.

38. Anordnung nach einem der Ansprüche 33-37, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Filterelemente des Filterarrays derart ausgebildet ist, daß besagte Filterelemente nur Licht ausgewählter Einfallrichtungen transmittieren.

39. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen Projektor,
- einen Projektionsschirm, der zur Frontprojektion geeignet ist,
- ein Filterarray, welches zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor angeordnet ist, wobei
  - das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind und die das entsprechend nicht transmittierte Licht mindestens anteilig - bevorzugt jedoch hochgradig- absorbieren,
  - vermittels des Projektors Teilinformationen von ( $n$ ) Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch das Filterarray hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach

Ausprägung des Filterarrays und des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,

- für das von dem Projektionsschirm projektionssseitig zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

#### 40. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen Projektor,
- einen transluzenten Projektionsschirm,
- mindestens zwei Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ), wobei mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) zwischen dem Projektionsschirm und dem Projektor, d.h. in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm, und mindestens ein Filterarray ( $F_2$ ) in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- alle Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweisen, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,
- mittels des Projektors Teilinformationen von  $n$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes durch mindestens ein Filterarray ( $F_1$ ) hindurch auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) in einer durch die Anordnungsgeometrie bestimmten Kombination bzw. Mischung optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten ( $i$ ) und Zeilen ( $j$ ) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung der Filterarrays ( $F_1, F_2, \dots, F_A, \dots$ ) und des Projektors jeweils Licht



bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,

- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray ( $F_2$ ), welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays ( $F_2$ ) oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays ( $F_2$ ) mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

41. Anordnung nach Anspruch 39 oder 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektor zeitlich aufeinanderfolgend Licht verschiedener Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche abstrahlt, und daß die Teilinformationen jeder der  $n$  Ansichten in paarweise unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen abgestrahlt werden.

42. Anordnung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß Teilinformationen von  $n=3$  Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ) zur Darstellung gelangen, daß der Projektor ein DMD/DLP-Projektor ist und daß die Ansicht  $A_1$  ( $k=1$ ) ausschließlich in rot, die Ansicht  $A_2$  ( $k=2$ ) ausschließlich in grün sowie die Ansicht  $A_3$  ( $k=3$ ) ausschließlich in blau dargestellt wird.

43. Autostereoskopische Projektionsanordnung, umfassend:

- einen transluzenten Projektionsschirm,
- einen Projektor, der in Betrachtungsrichtung hinter dem Projektionsschirm angeordnet ist,
- mindestens ein Filterarray, welches in Betrachtungsrichtung vor dem Projektionsschirm angeordnet ist, wobei
- das Filterarray in Spalten und Zeilen angeordnete Wellenlängenfilterelemente aufweist, die für Licht verschiedener Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder verschiedener Wellenlängenbereiche ( $\Delta\lambda$ ) transparent sind,

- vermittelt des Projektors Teilinformationen von (n) Ansichten ( $A_k$  mit  $k=1..n$ ;  $n \geq 2$ ) einer Szene oder eines Gegenstandes in einer definierten Kombination der Teilinformationen direkt auf den Projektionsschirm projiziert werden, so daß auf dem Projektionsschirm Teilinformationen der Ansichten ( $A_k$ ) optisch sichtbar gemacht werden, und der Projektionsschirm in ein hinreichend auflösendes Raster von Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) in Spalten (i) und Zeilen (j) eingeteilt ist, die je nach Ausprägung des Projektors jeweils Licht bestimmter Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Wellenlängenbereiche abstrahlen, und jedes Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) Teilinformation(en) mindestens einer der Ansichten ( $A_k$ ) wiedergibt,
- für das von dem Projektionsschirm zum Betrachter hin abgestrahlte Licht durch das mindestens eine Filterarray Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, wobei jeweils ein Bildwiedergabeelement ( $\alpha_{ij}$ ) mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern des Filterarrays oder ein Wellenlängenfilter des Filterarrays mit mehreren zugeordneten Bildwiedergabeelementen ( $\alpha_{ij}$ ) derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Bildwiedergabeelements ( $\alpha_{ij}$ ) und dem Schwerpunkt der Querschnittsfläche eines sichtbaren Abschnitts des Wellenlängenfilters einer Ausbreitungsrichtung entspricht, so daß von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten ( $A_k$ ) optisch wahrnimmt, wodurch von einer Vielzahl von Betrachtungspositionen aus für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht.

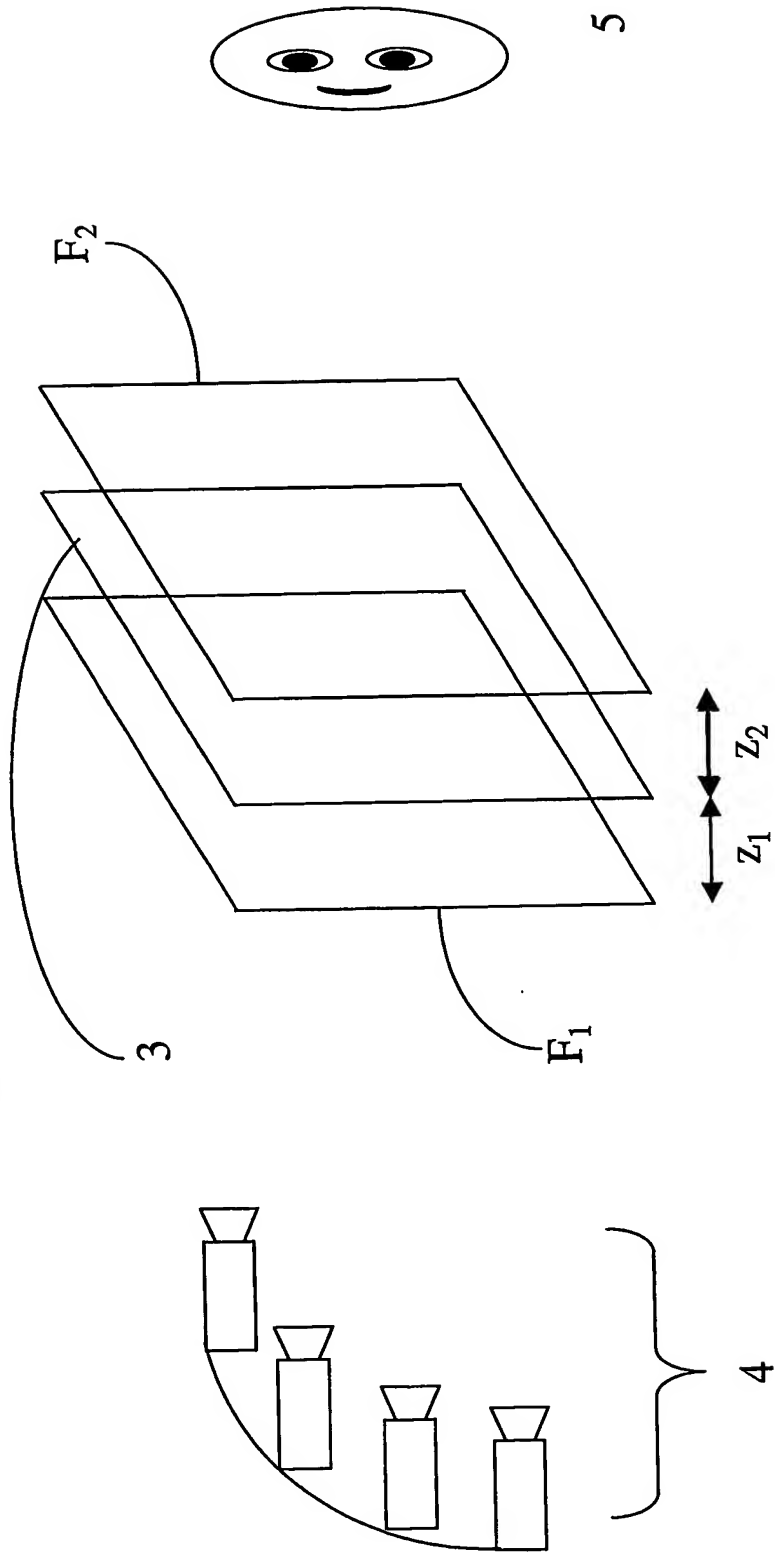


Fig. 1

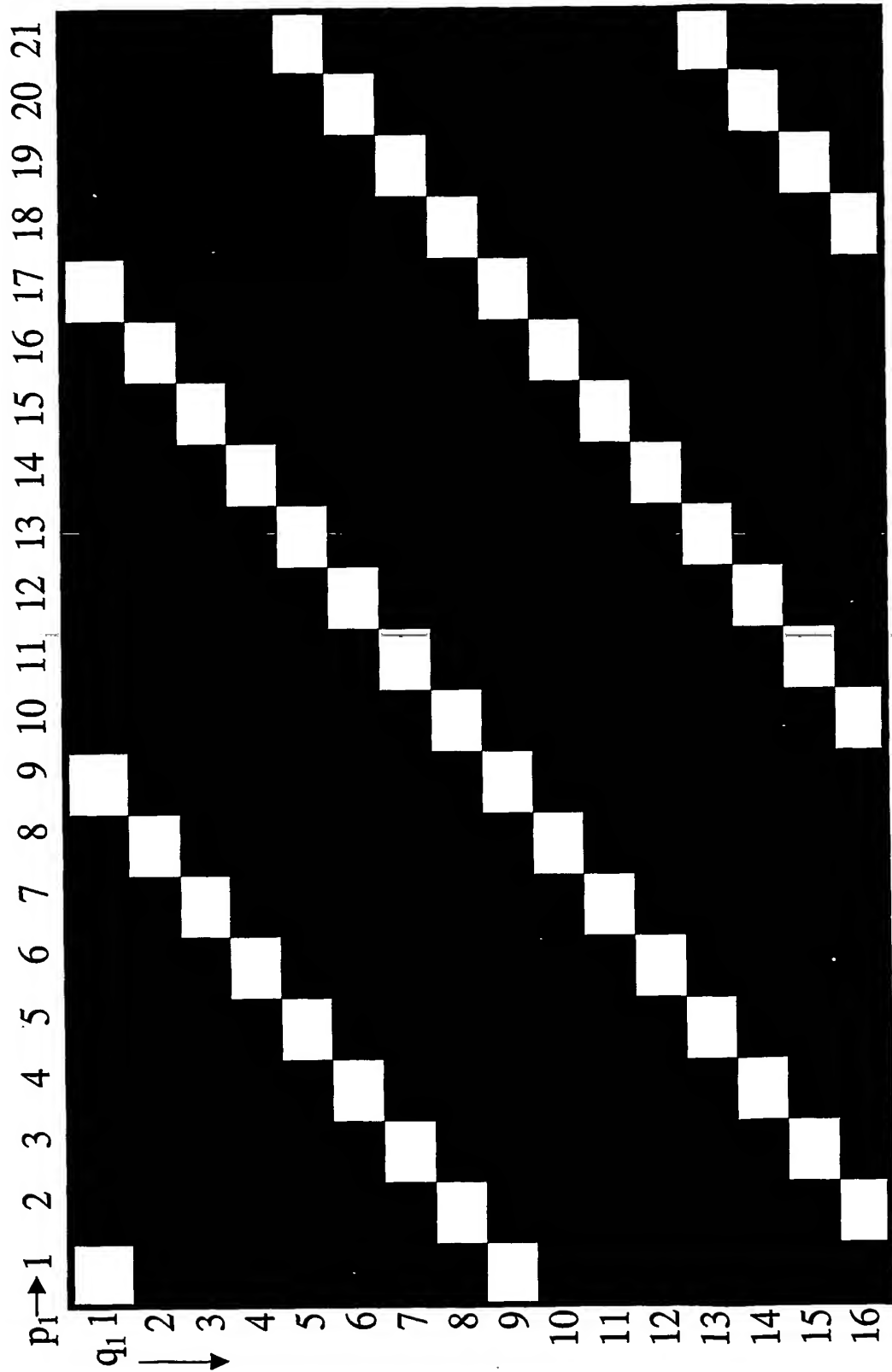


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY

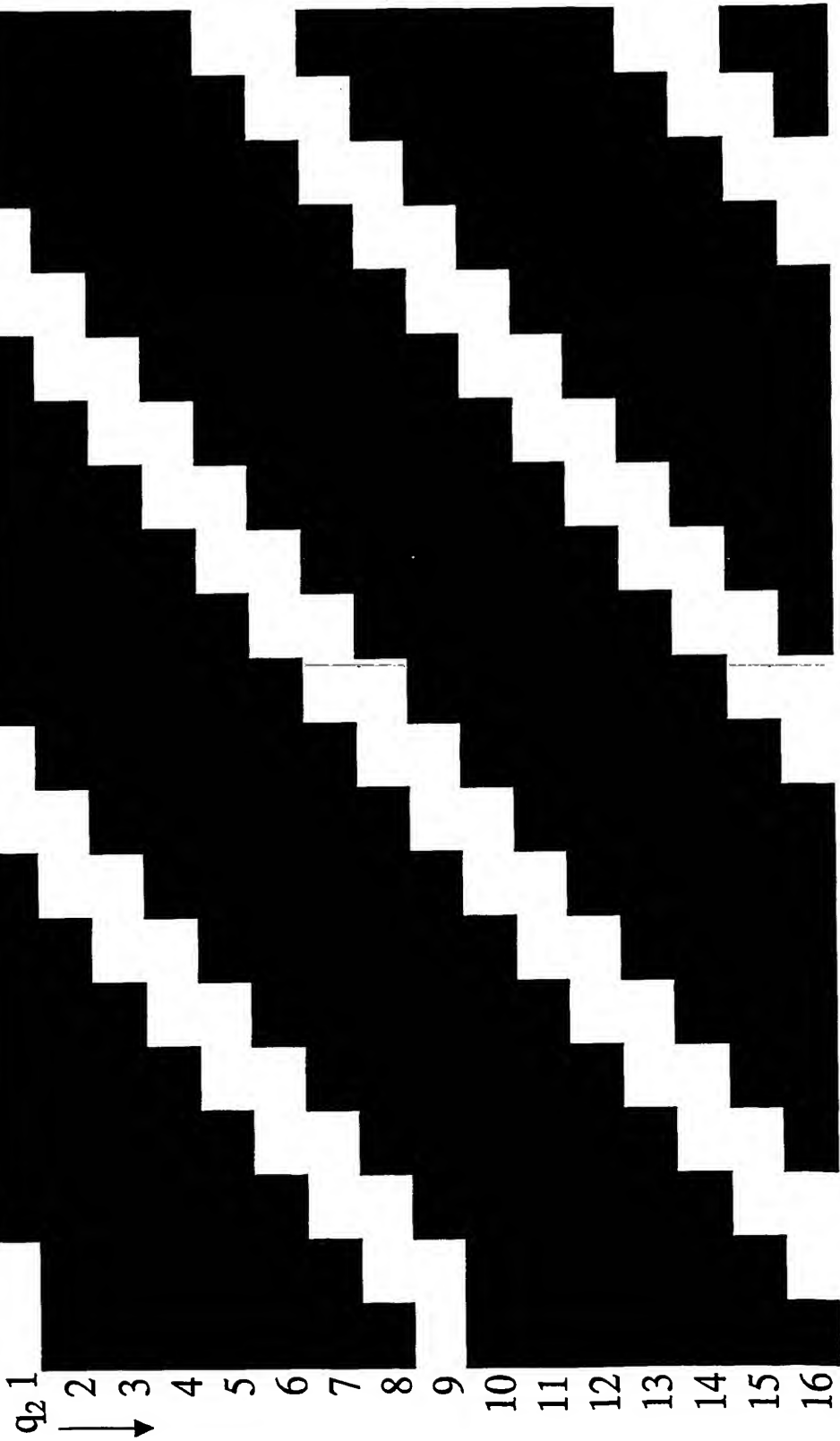


Fig. 3

i→ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 |

j ↓ 1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
9	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
10	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
11	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
12	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
13	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
14	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
15	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
16	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5

Fig. 4

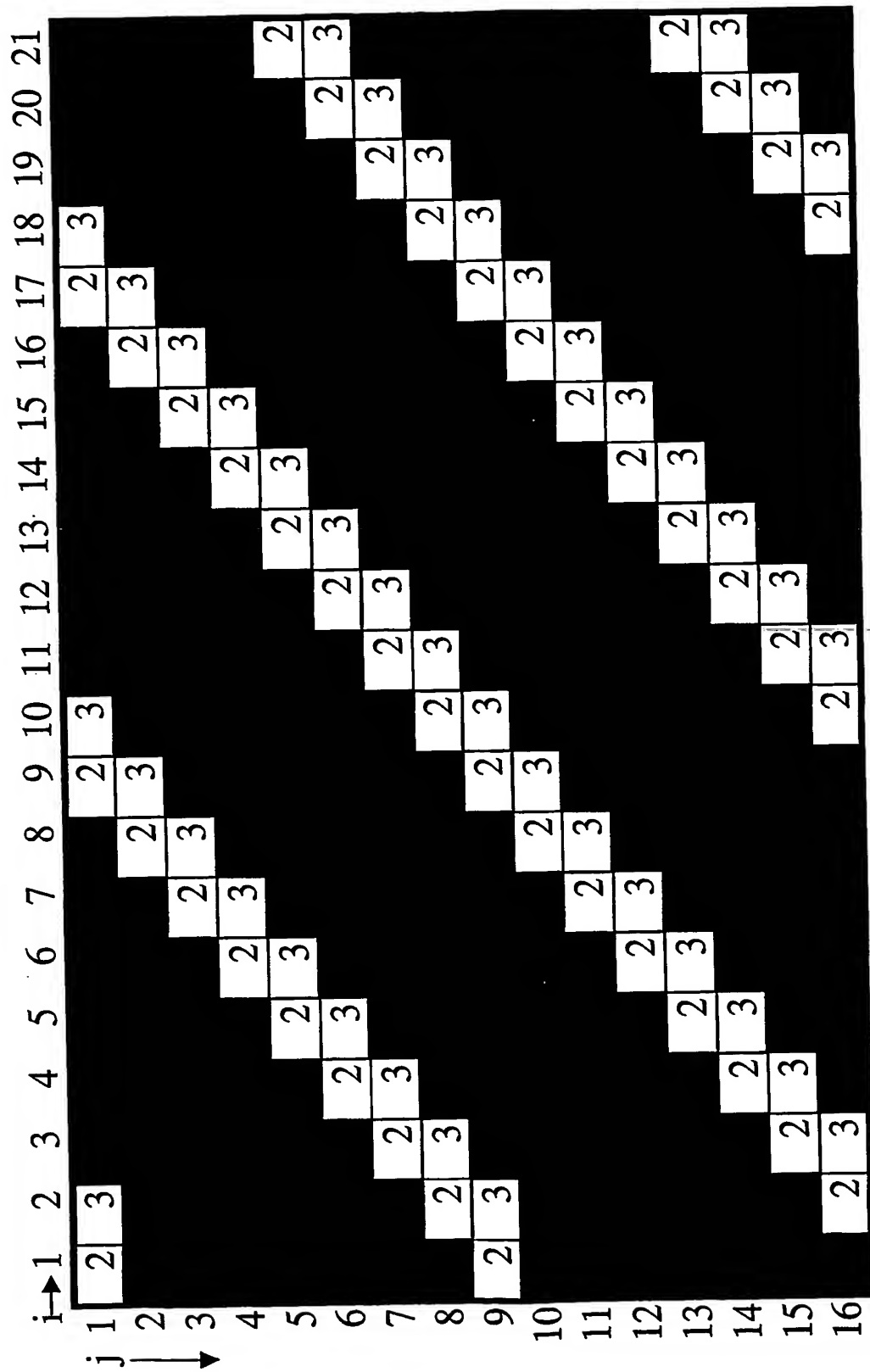


Fig. 5

BEST AVAILABLE COPY

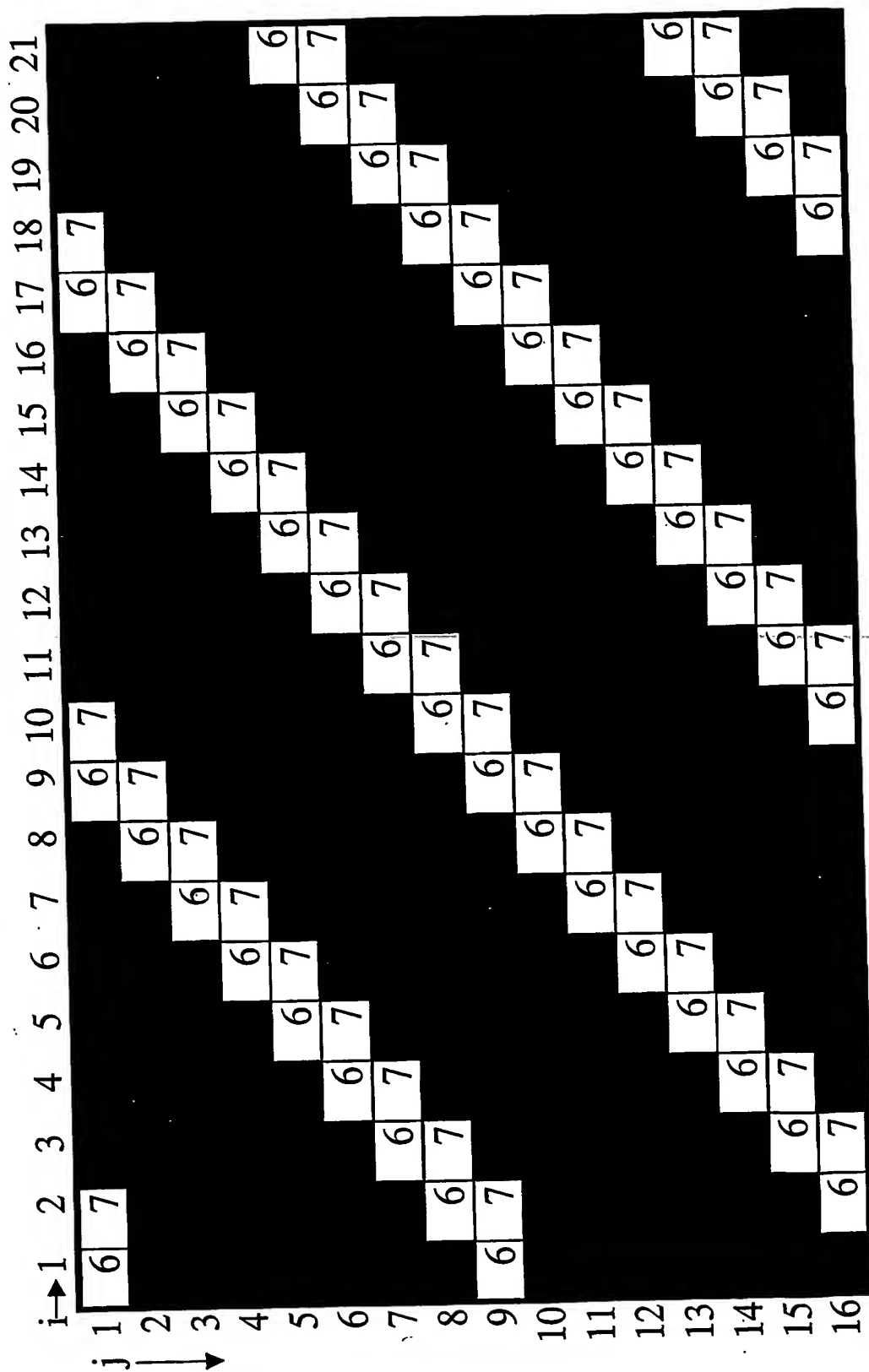


Fig.6

BEST AVAILABLE COPY



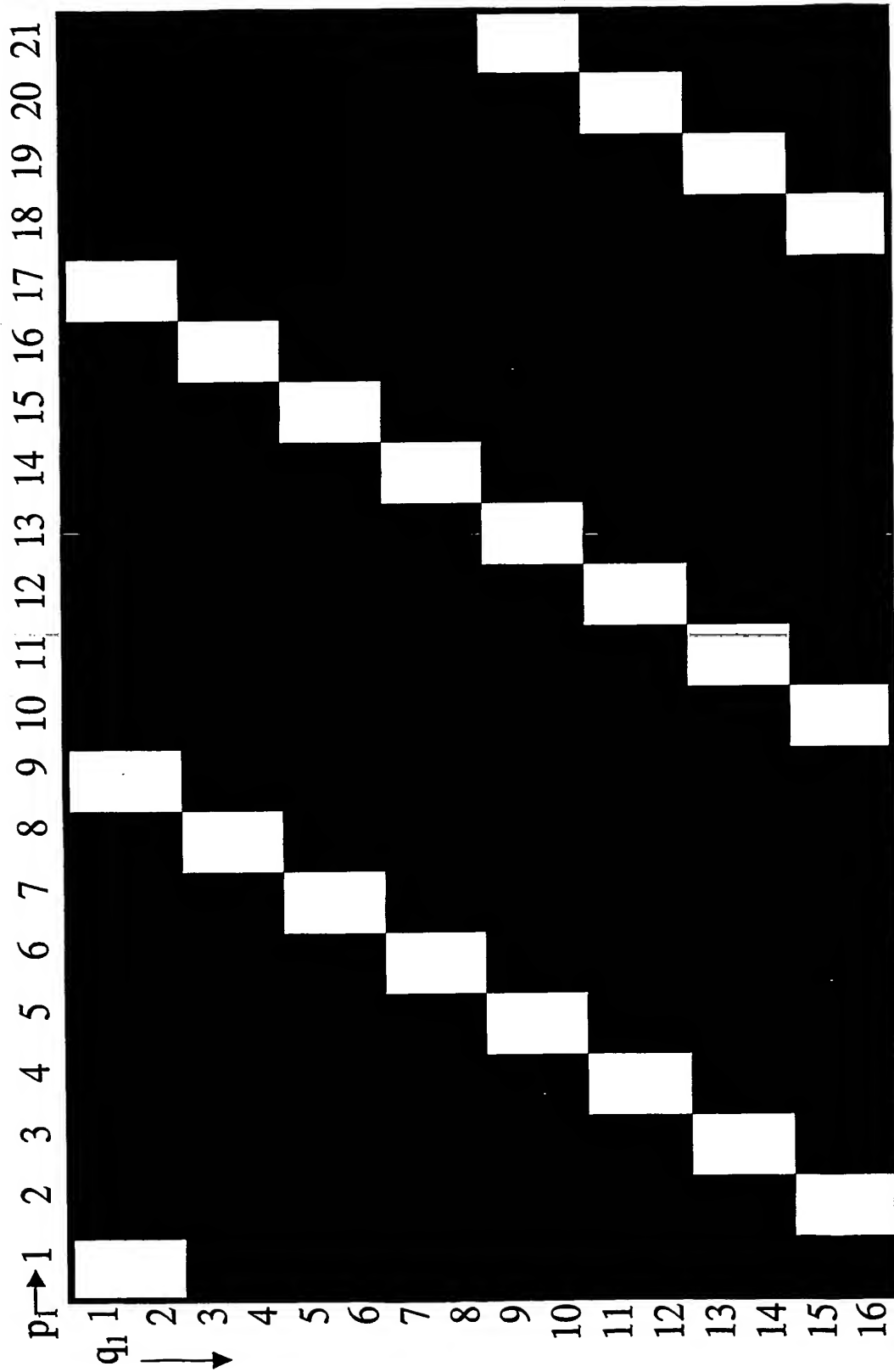


Fig. 7

BEST AVAILABLE COPY

$p_2 \rightarrow$  1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41

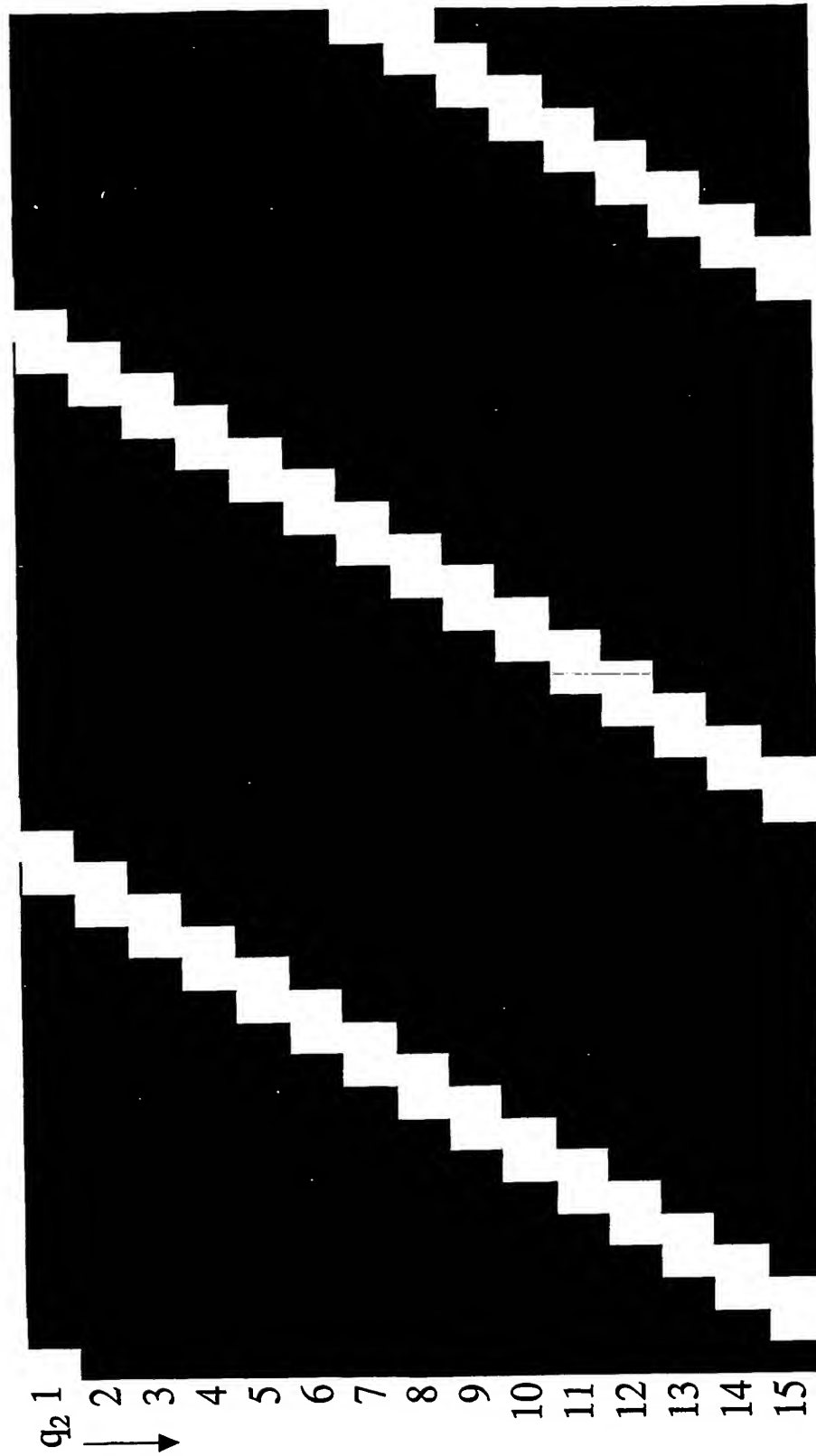


Fig. 8

BEST AVAILABLE COPY

		i → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	6	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	7	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	8	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	9	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	10	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	11	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	12	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	13	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	15	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	16	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6

Fig. 9

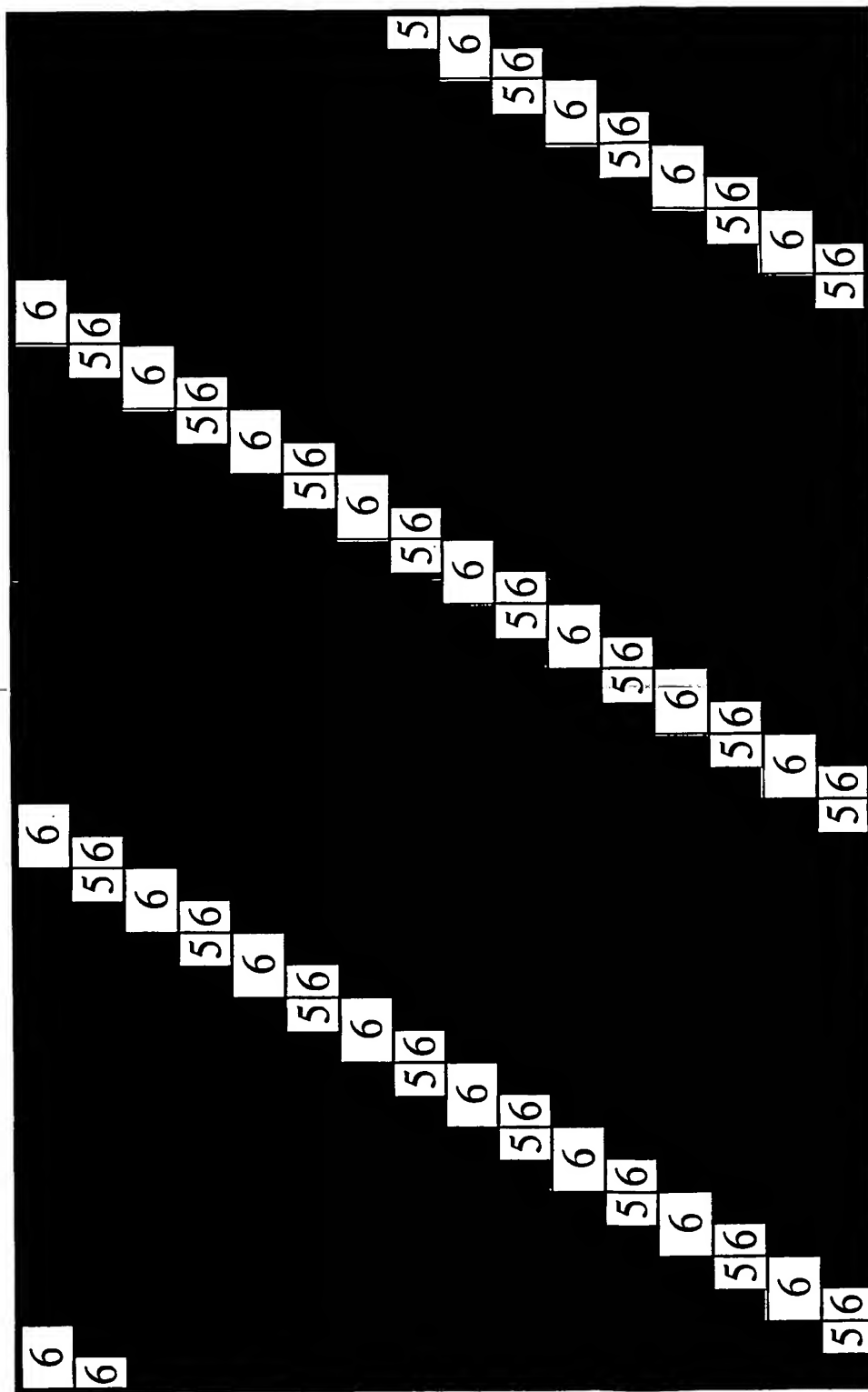


Fig. 10

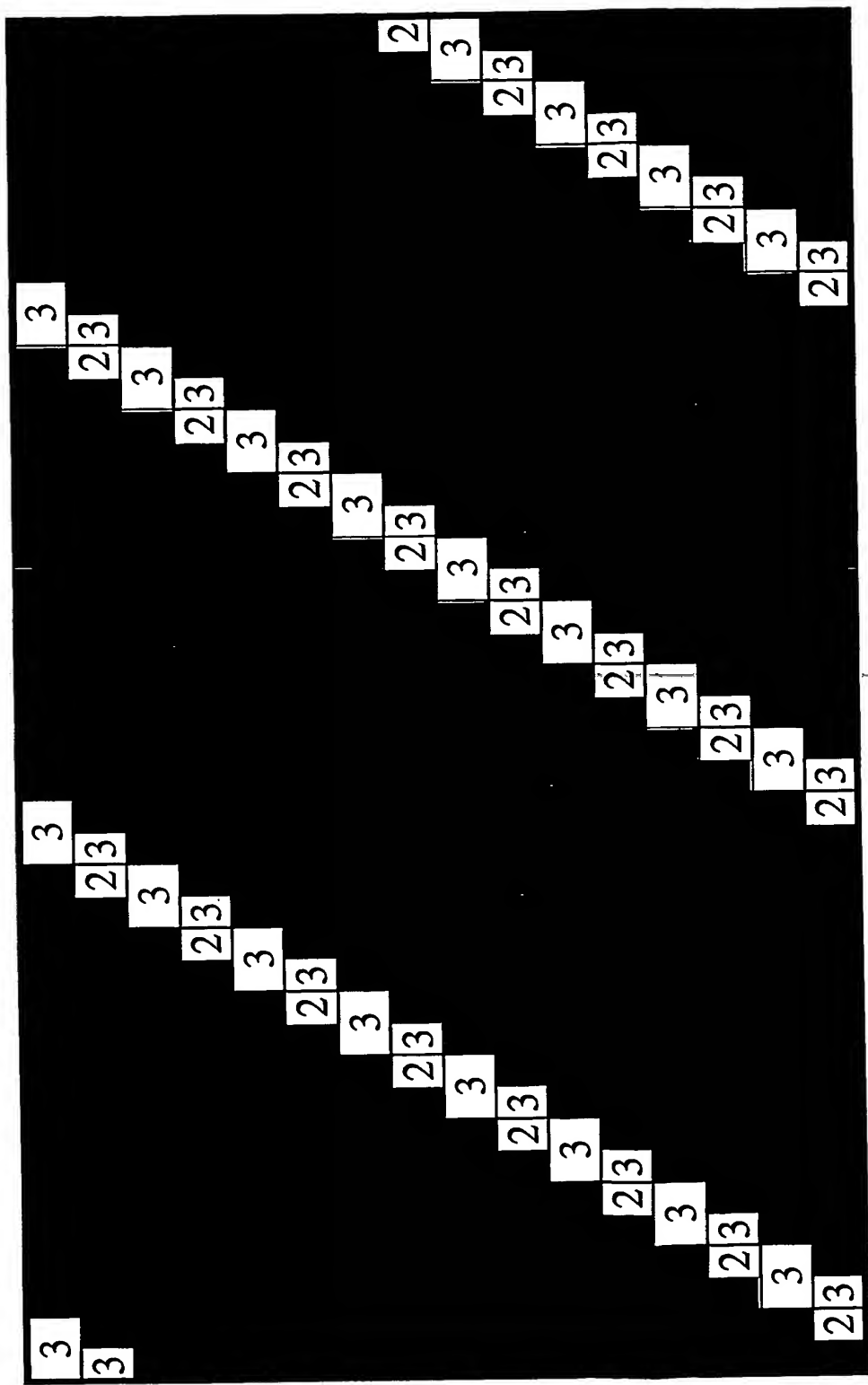


Fig. 11

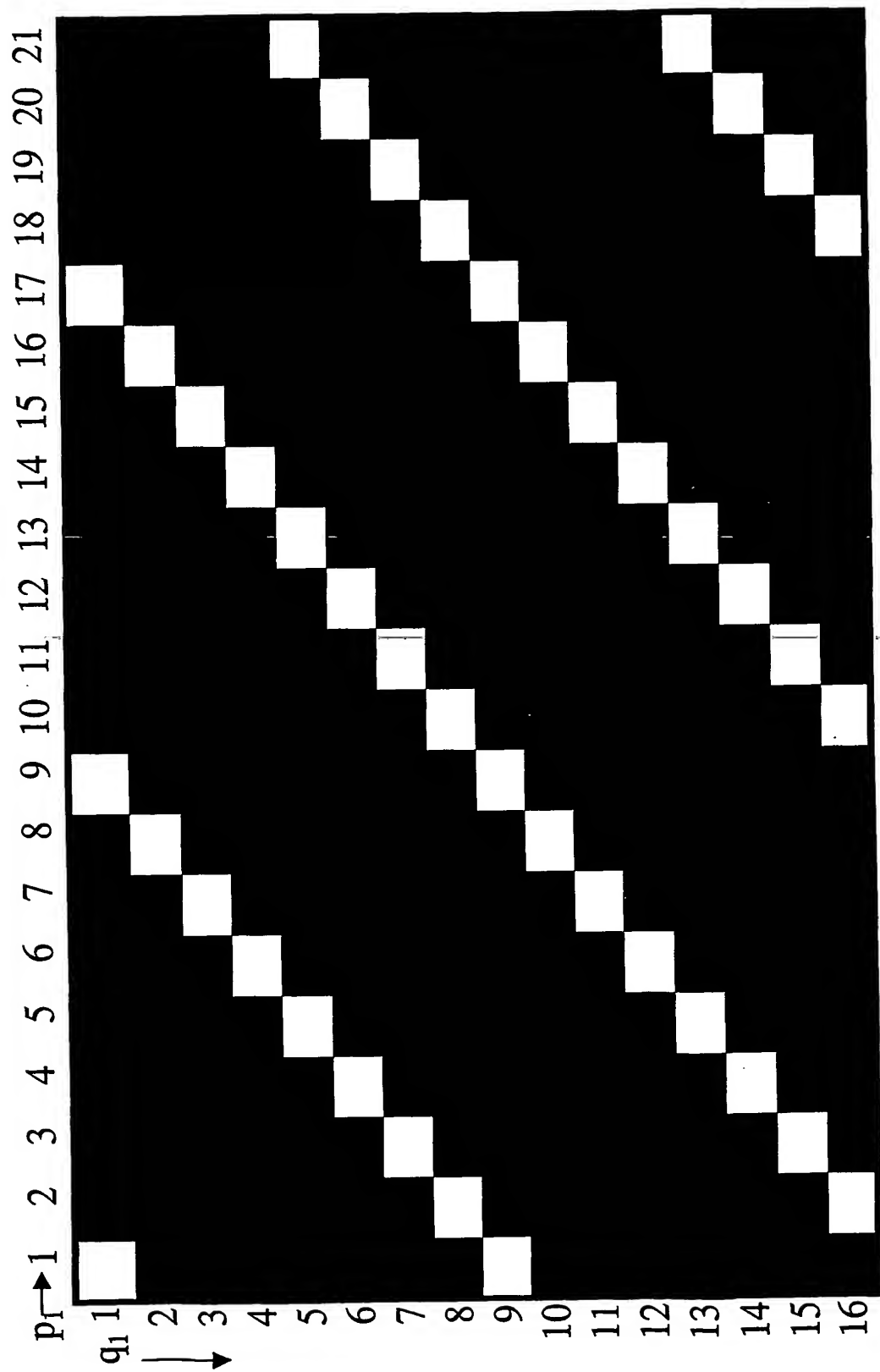


Fig. 12

q <sub>3</sub> 1	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
2	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
3	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
4	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
5	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
6	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
7	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
8	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
9	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
10	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
11	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
12	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
13	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
14	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
15	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
16	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'

Fig. 13





		R G B R G B R G B R G B R G B R G B																				
i→		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	9	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	10	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	11	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	12	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	14	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	15	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	16	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5

Fig. 15

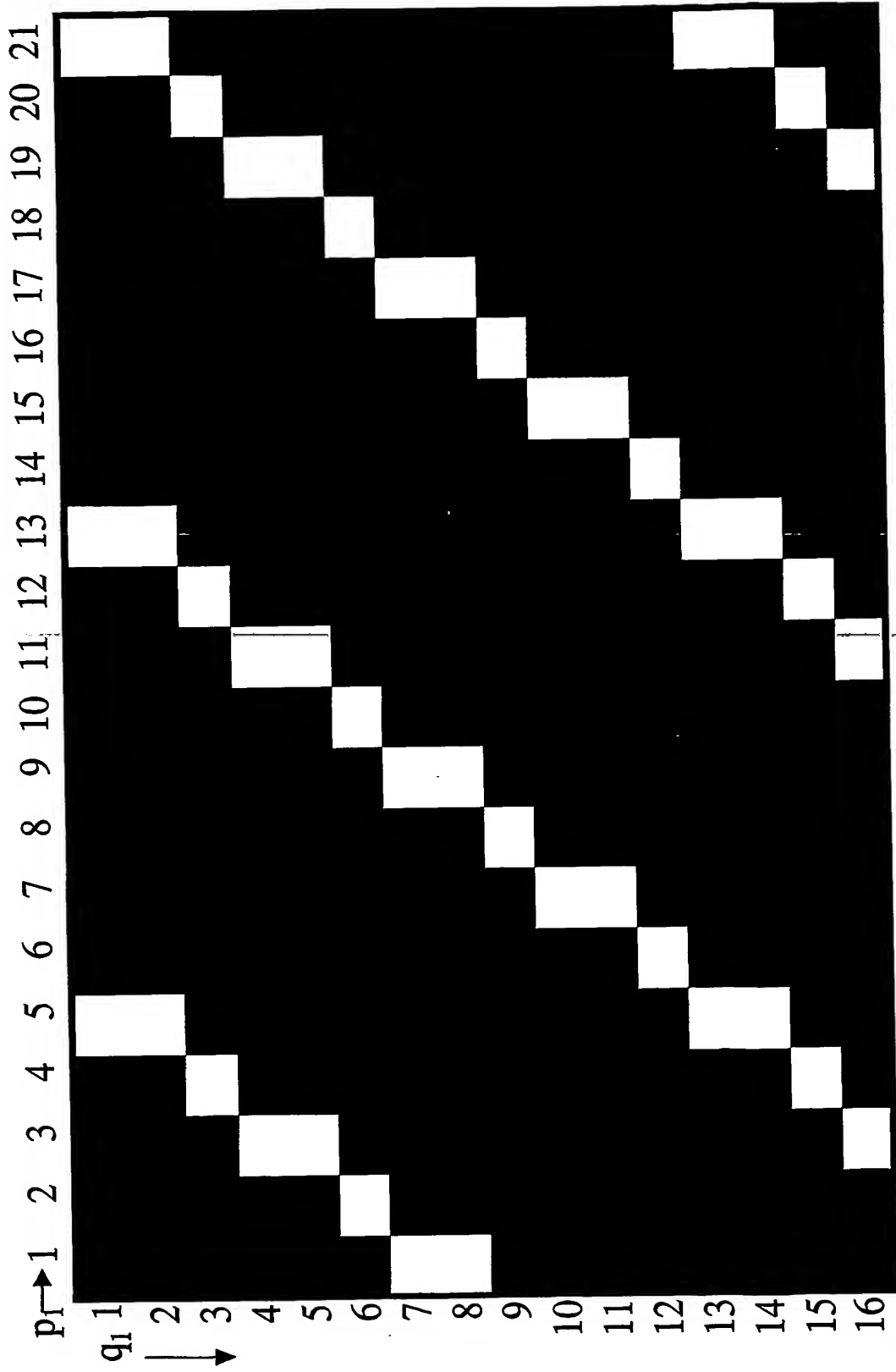


Fig. 16

BEST AVAILABLE COPY

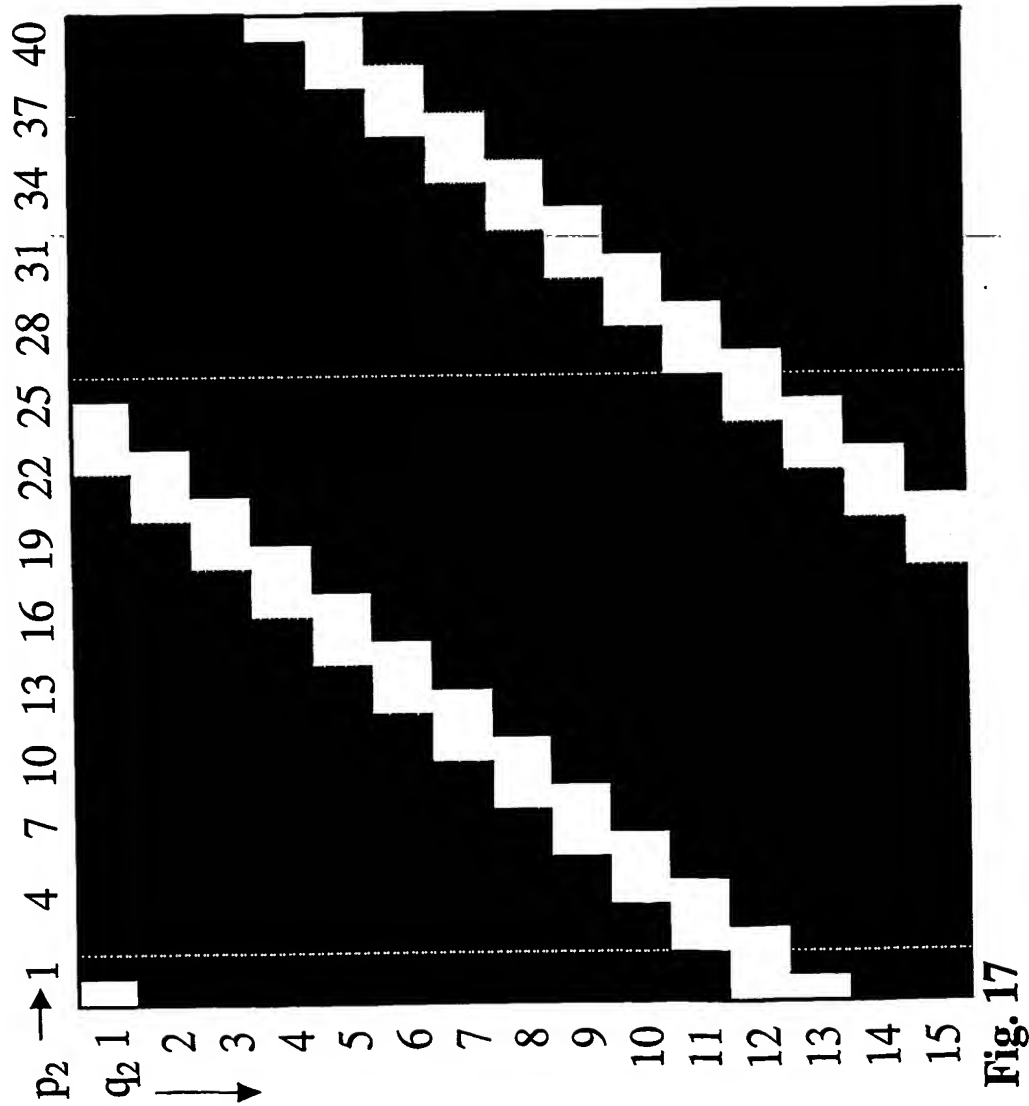


Fig. 17

BEST AVAILABLE COPY

		i→1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	5	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
	6	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	7	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
	8	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
	9	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	10	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
	11	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
	12	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	13	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
	14	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
	15	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
	16	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

Fig. 18

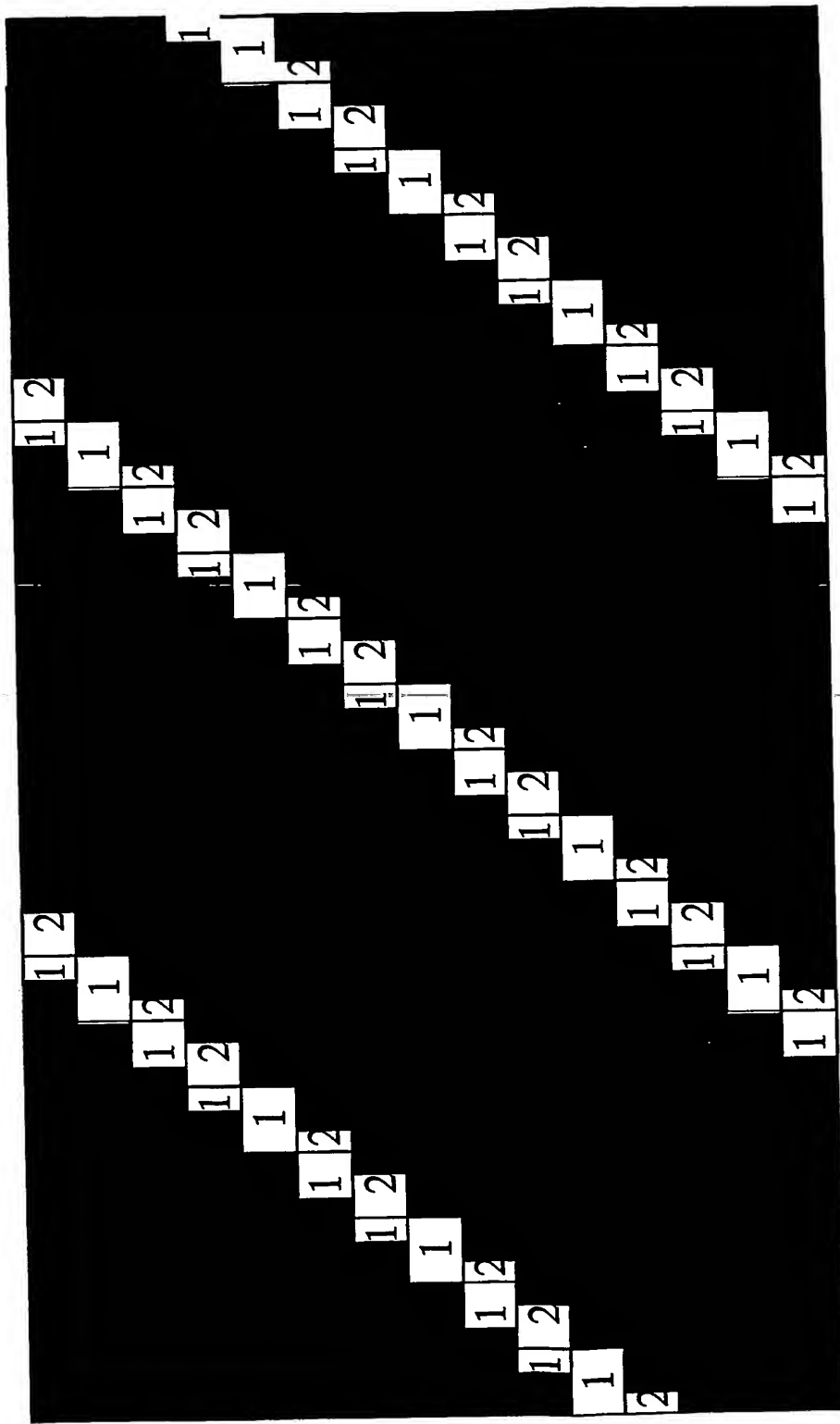


Fig. 19

BEST AVAILABLE COPY

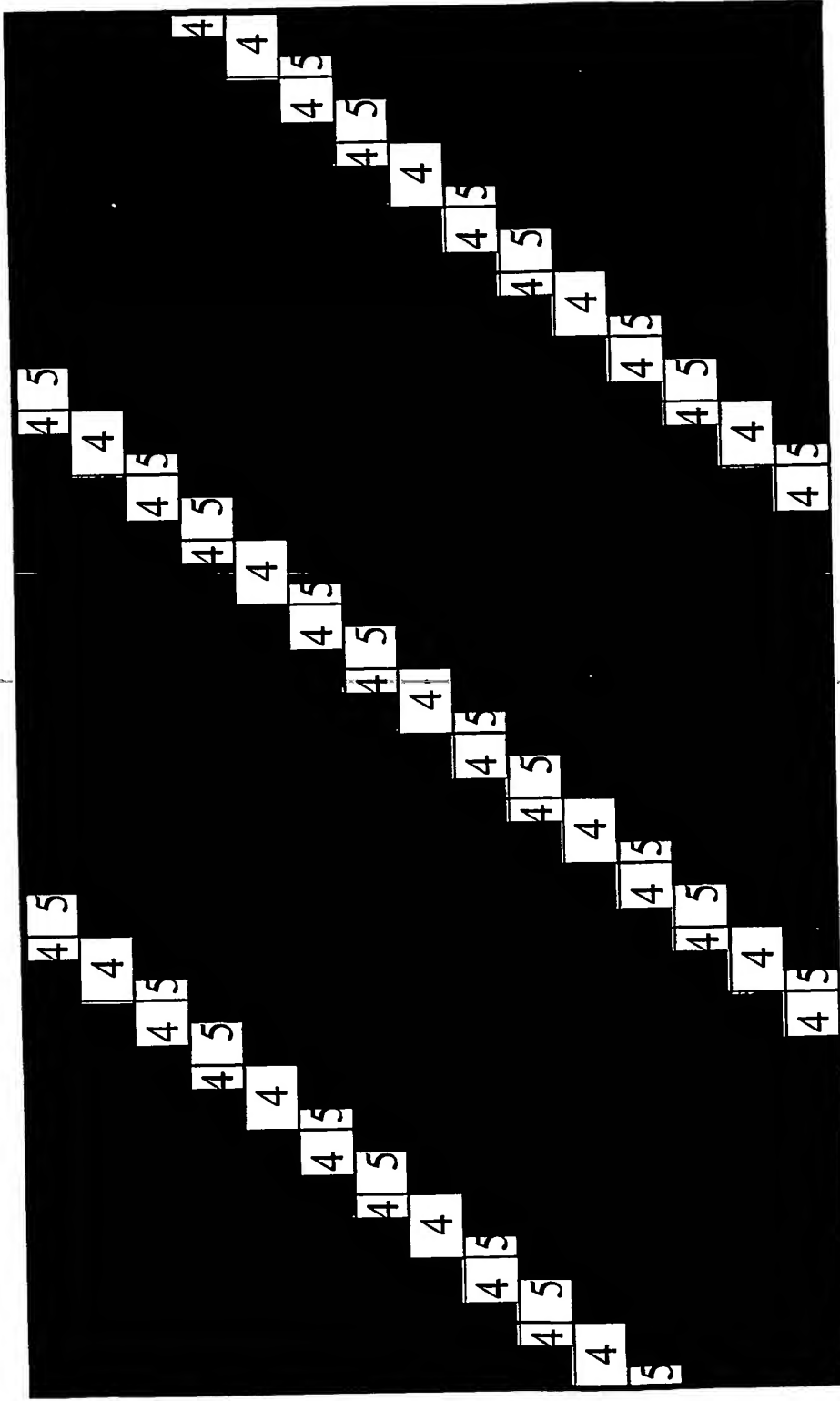


Fig. 20

BEST AVAILABLE COPY

		p <sub>1</sub> → 1 2 3 4 5 6 7 8 9								
q <sub>1</sub> ↓	1	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
	2	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
	3	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'
	4	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
	5	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
	6	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'
	7	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'
	8	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'
	9	B'	R'	G'	B'	R'	G'	B'	R'	G'

Fig. 21

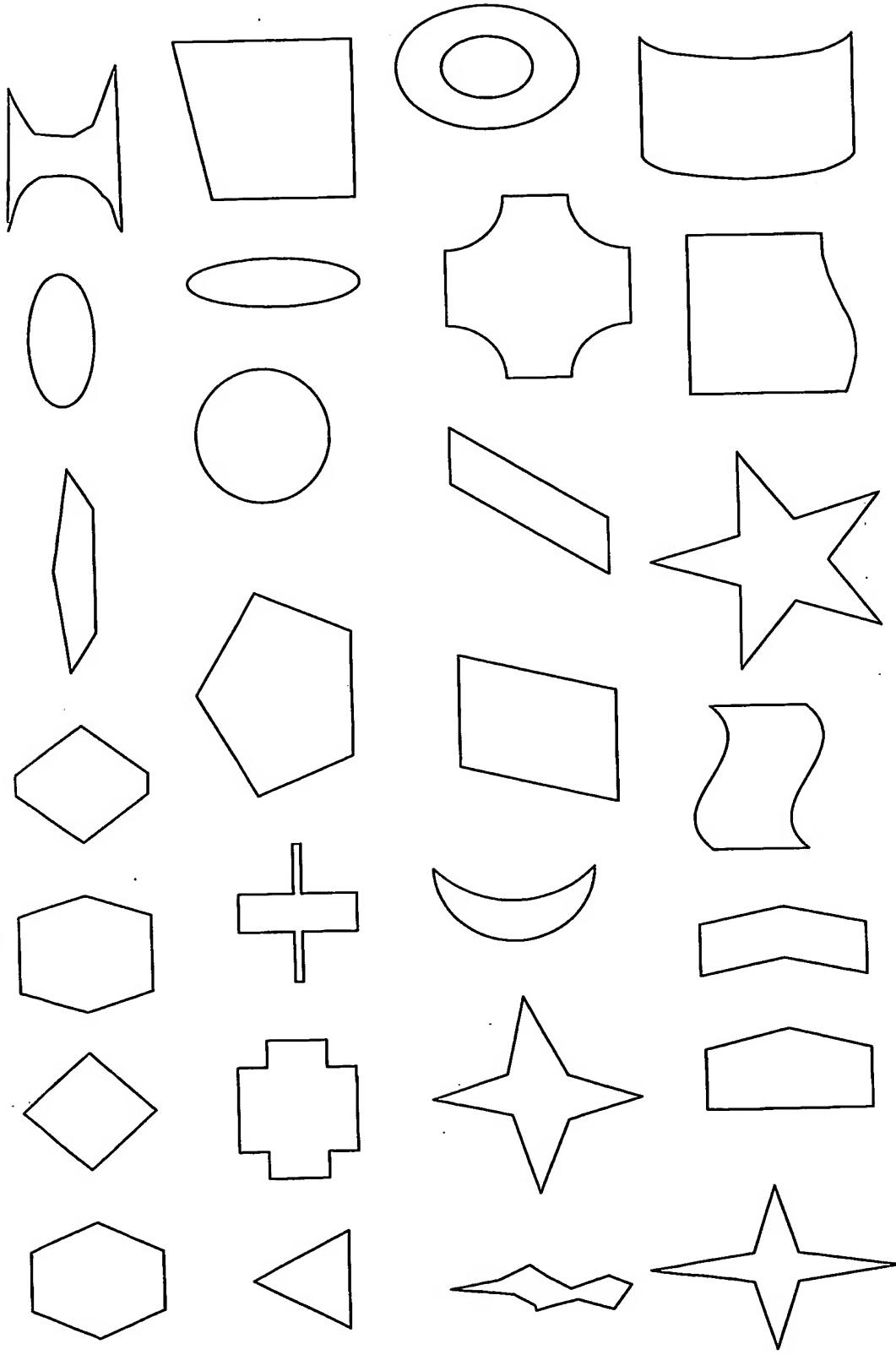
		p <sub>2</sub> → 1 2 3 4 5 6 7 8 9								
q <sub>2</sub> ↓	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Fig. 22

		$i \rightarrow$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																				
$j \downarrow$	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	2	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	5	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	6	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	8	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	9	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	10	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	11	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	12	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	13	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	14	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	15	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
	16	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Fig. 23 1=R, 2=G, 3=B





**Fig. 24**